



**TUGAS AKHIR TERAPAN – RC090342**

**PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA BANGUNAN  
GEDUNG PSIKOLOGI UNIVERSITAS SURABAYA  
(UBAYA) DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL  
MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

**Mahasiswa :  
ZAINUL ABIDIN  
NRP. 3113.030.002**

**NOVA MERISTIANA SARI  
NRP. 3113.030.017**

**Dosen Pembimbing :  
Ir. BOEDI WIBOWO**

**NIP. 19530424 198203 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**



**FINAL PROJECT APPLIED – RC090342**

**REINFORCED CONCRET PLANNING OF SURABAYA  
UNIVERSITY PSYCHOLOGY BUILDING USING  
INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM  
(SRPMM)**

**Student :**

**ZAINUL ABIDIN**

**NRP. 3113.030.002**

**NOVA MERISTIANA SARI**

**NRP. 3113.030.017**

**Consellor Lecturer :**

**Ir. BOEDI WIBOWO**

**NIP. 19530424 198203 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING  
FACULTY AT CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2016**

## **TUGAS AKHIR**

# **“ PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA) DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH” (SRPMM)”**



**Disusun oleh:**

**ZAINUL ABIDIN**

**NOVA MERISTIANA S**

**NRP. 3113030002**

**NRP. 3113030017**

**Disetujui Oleh:**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Ir. BOEDI WIBOWO**

**NIP : 19530424 198203 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2016**

**FINAL PROJECT**  
**“ REINFORCED CONCRET PLANNING OF SURABAYA  
UNIVERSITY PSYCHOLOGY BUILDING USING  
INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME  
SYSTEM (SRPMM)**



**Created by:**

**ZAINUL ABIDIN**

**NRP. 3113030002**

**NOVA MERISTIANA S**

**NRP. 3113030017**

**Approved by:**

**LECTURER**

**Ir. BOEDI WIBOWO**

**NIP : 19530424 198203 1 002**  
**PROGRAM STUDI DIPLOMA III CIVIL  
ENGINEERING**  
**FACULTY at CIVIL ENGINEERING and PLANNING**  
**SEPULUH NOPEMBER INSTITUT of TECHNOLOGY**  
**SURABAYA 2016**

**PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA BANGUNAN  
GEDUNG PSIKOLOGI UNIVERSITAS SURABAYA  
(UBAYA) DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Ahli Madya**

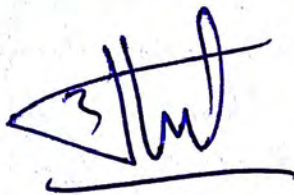
**Pada**

**Program Studi Diploma Iii Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Disusun oleh:**

**MAHASISWA 1**



**ZAINUL ABIDIN**  
**NRP : 3113030002**

**MAHASISWA II**



**NOVA MERISTIANA**  
**SARI**  
**NRP : 3113030017**

**Disetujui oleh :**

**18 JUL 2016**

**DOSEN PEMBIMBING**



**Ir. BOEDI WIBOWO**  
**NIP : 19530424 198203 1 002**



**LEMBAR PERNYATAAN  
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : ZAINUL ABIDIN / NOVA MERISTIANA S  
Nrp. : 3113030002 / 3113030017  
Jurusan / Fak. : D-III TEKNIK SIPIL - FTSP  
Alamat kontak : TUBAN / TULUNGABUNG  
a. Email : meristiana25@gmail.com / zainulabidin95@gmail.com  
b. Telp/HP : 085730333478 / 081335922068

Menyatakan bahwa semua data yang saya upload di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalti-Free Right*) kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Perencanaan Struktur Beton Pada Bangunan Gedung  
Psikologi Universitas Surabaya dengan metode Sistem  
Rangka Pemikul Momen Menengan

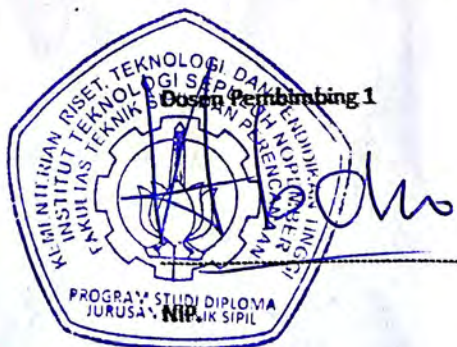
Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal :

Yang menyatakan,



ZAINUL ABIDIN / NOVA MERISTIANA  
3113030002 / 3113030017  
Nrp.

**KETERANGAN :**

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan di bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi.

# **PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA) DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

Nama Mahasiswa : Zainul Abidin  
NRP : 3113030002

Nama Mahasiswa : Nova Meristiana Sari  
NRP : 3113030017

Jurusan : Diploma III Teknik Sipil FTSP – ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424.198203.1.002

## **ABSTRAK**

Penyusunan proyek akhir ini mengambil obyek Gedung Psikologi Universitas Surabaya (UBAYA). Namun bangunan tersebut telah dimodifikasi dalam perencanaan ini, sesuai dengan standart kompetensi yang berlaku di program studi Diploma Teknik Sipil FTSP – ITS Surabaya. Modifikasi bangunan meliputi pengubahan denah lantai bangunan yang semula 7 lantai menjadi 4 lantai. Perencanaan Gedung ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

Perhitungan beban berdasarkan dengan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983). Sedangkan perhitungan gempa mengacu pada SNI 1726 – 2012 dan Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010. Beban gempa yang

bekerja pada struktur bangunan menggunakan statik ekuivalen menggunakan SRPMM dengan nilai  $R = 5$ .

Struktur sekunder terdiri dari pelat dan tangga yang dipikul oleh struktur primer yaitu balok dan kolom. Sedangkan perencanaan struktur bawah meliputi sloof dan pile cap, dengan pondasi borpile. Perencanaan struktur beton bertulang mengacu pada SNI 03-2847-2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, diperoleh hasil gambar teknik struktur bangunan dimana bangunan tersebut mampu menahan gaya gempa yang terjadi di wilayah Surabaya.

Kata kunci: Peta *Hazard*, SRPMM, Peta *Hazard*, Statik Ekuivalen



**REINFORCED CONCRET PLANNING OF SURABAYA  
UNIVERSITY PSYCHOLOGY BUILDING USING  
INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME  
SYSTEM (SRPMM)**

Nama Mahasiswa	: Zainul Abidin
NRP	: 3113030002
Nama Mahasiswa	: Nova Meristiana Sari
NRP	: 3113030017
Jurusan	: Diploma III Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing	: Ir. Boedi Wibowo, CES
NIP	: 19530424.198203.1.002

**ABSTRAK**

This final project is referring to Surabaya University Psychology Bulding as a planning object. However the building has been modified for this final project planning, according to competence standard that applied on Diploma Study of Civil Major FTSP - ITS Surabaya. The building modifications consist of floor plan change which on previous plan has 7 floor level to 4 floor level. This building plan use Intermediate Moment Resisting Frame System (SRPMM).

The building load calculation is referring to Indonesia Loading Regulation for Building (PPIUG 1983). Meanwhile the earthquake calculation referring to SNI 1726-2012 and Indonesia Earthquake Hazard Map 2010. Earthquake load that affect the building use equivalent static based on SRPMM with  $R$  value = 5.

The secondary structur consist of slab and stairs that supported by the primarystruktur which is beam and column. Meanwhile for the Low struktur plan consist of sloof and pile cap, with bored pile foundation. The reinforced concrete struktur plan referring to SNI 03-2847-2013 concerning about Building Concrete Struktur Calculations Procedures.

The result for the calculations are the building struktur technical drawings where's the building can withstand the earthquake force that happen on Surabaya territory.

Keyword : Equivalent Static, Hazard Map, SRPMM,

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xix</b>
KATA PENGANTAR.....	xxviii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    LATAR BELAKANG .....	1
1.2.    RUMUSAN MASALAH.....	2
1.3    BATASAN MASALAH .....	3
1.4    TUJUAN .....	3
1.5    MANFAAT .....	3
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    DATA PROYEK .....	5
2.2    SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN .....	6
2.3    PEMBEBANAN .....	7
2.3.1    Beban Mati.....	7

2.3.2	Beban Hidup .....	8
2.3.3	Beban Angin .....	8
2.3.4	Beban Gempa.....	8
2.4	PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER .....	18
2.4.1	Perhitungan Struktur Pelat .....	18
2.4.2	Perhitungan Struktur Tangga .....	25
2.5	PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER .....	26
2.5.1	Perhitungan Struktur Balok.....	26
2.5.2	Perhitungan Struktur Kolom .....	33
2.6	PERHITUNGAN STRUKTUR ATAP.....	39
2.6.1	Perhitungan Profil Gording.....	39
2.6.2	Perencanaan Penggantung Gording.....	43
2.6.3	Perencanaan Ikatan Angin .....	44
2.6.4	Perencanaan Kuda-Kuda.....	45
2.6.5	Perencanaan Sambungan .....	45
2.7	PERHITUNGAN PONDASI .....	47
2.7.1	Perhitungan Daya Dukung Tanah .....	47
2.7.2	Perencanaan Tiang Pancang.....	47
2.7.3	<b>Perencanaan Pile Cape (Poer).....</b>	<b>48</b>
2.7.4	Panjang Penyaluran Tulangan Kolom .....	50
2.7.5	Kontrol Geser Pons.....	50
BAB III	.....	53

METODOLOGI .....	53
3.2    PRELIMINARY DESIGN .....	56
3.3    ANALISA PEMBEBANAN .....	56
3.4    ANALISIS STRUKTUR .....	58
3.5    ANALISA GAYA DALAM .....	58
3.6    PERHITUNGAN PENULANGAN.....	58
3.7    CEK PERSYARATAN .....	59
3.8    KONTROL GESER POER.....	60
3.9    DIAGRAM ALUR .....	61
3.9.1 Diagram Gempa .....	61
3.9.2 Diagram Plat .....	64
3.9.3    Diagram Tangga.....	67
3.9.4 Diagram Balok .....	69
3.9.5    Diagram Kolom.....	75
3.9.6 Diagram Pondasi Borpile Dan Poer .....	82
3.9.7    Diagram Perhitungan Gording .....	86
3.9.8    Diagram perhitungan kuda-kuda .....	88
BAB IV .....	91
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	91
4.1    PERENCANAAN DIMENSI STRUKTUR .....	91
4.1.1    Perencanaan Dimensi Balok .....	91
4.1.2    Perencanaan Dimensi Kolom.....	94



4.1.3	Perencanaan Dimensi Sloof .....	96
4.1.4	Perencanaan Dimensi Pelat .....	98
4.1.5	Perencanaan Dimensi Tangga .....	108
4.2	PERENCANAAN STRUKTUR ATAP BAJA .....	112
4.2.1	Perhitungan Gording .....	112
4.2.2	Perhitungan Penggantung Gording.....	121
4.2.3	Perhitungan Ikatan Angin .....	124
4.2.4	Pehitungan Kuda-Kuda.....	129
4.2.5	Pehitungan Kolom Praktis .....	136
4.2.6	Perhitungan Plat Landas .....	141
4.2.7	Perhitungan Sambungan Antar Kuda-Kuda.....	145
4.2.8	Perhitungan Sambungan Kuda-Kuda dan Kolom Pendek	154
4.3	PERHITUNGAN PEMBEBANAN STRUKTUR ....	163
4.3.1	Pembebanan Pelat.....	163
4.3.2	Pembebanan Tangga.....	164
4.3.3	Pembebanan Dinding.....	165
4.3.4	Pembebanan Gempa .....	166
4.3	ANALISIS STRUKTUR .....	201
4.3.1	Permodelan Struktur.....	201
4.3.2	Beban rencana struktur .....	203
4.4	PERHITUNGAN PENULANGAN PLAT .....	203

4.4.1	Perencanaan dan Penulangan Plat .....	203
4.4.1	Perencanaan dan Penulangan Tangga .....	216
4.5	PERHITUNGAN BALOK.....	230
4.5.1	PENULANGAN BALOK INDUK .....	230
4.5.2	PENULANGAN BALOK ANAK .....	278
4.5.3	PENULANGAN BORDES.....	326
4.6	PERHITUNGAN KOLOM.....	371
4.7	PERHITUNGAN PONDASI .....	405
4.7.1	Perhitungan Daya Dukung Tanah .....	405
4.7.2	Perhitungan Penulangan Borpile $\sigma$ .....	416
4.7.3	Perhitungan Pile Cap .....	421
BAB V .....		443
KESIMPULAN DAN SARAN.....		443
5.1	KESIMPULAN .....	443
5.2	SARAN .....	445
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>446</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>		<b>447</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gambar lintang rencana pada balok untuk SRPMM .....	28
Gambar 2. 2 Gaya Lintang Rencana pada kolom untuk SRPMM .....	37
Gambar 2. 3 Gambar Penguraian beban pada gording .....	39
Gambar 2. 4 Koefisien Beban Angin.....	41
Gambar 2. 5 Detail Penggantung Gording .....	43
Gambar 2. 6 Detail Ikatan Angin .....	44
Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi.....	54
Gambar 3. 2 FlowChart Gempa .....	63
Gambar 3. 3 FlowChart Penulangan Pelat .....	66
Gambar 3. 4 Flowchart Penulangan Tangga .....	68
Gambar 3. 5 FlowChart Penulangan Lentur Torsi .....	70
Gambar 3. 6 FlowChart Penulangan Balok Lentur .....	72
Gambar 3. 7 Flowchart Balok Geser .....	74
Gambar 3. 8 Flowchart Penulangan Lentur Kolom.....	78
Gambar 3. 9 FlowChart Penulangan Geser Kolom .....	81
Gambar 3. 10 FlowChart Penulangan Pondasi.....	83
Gambar 3. 11 Flowchart Penulangan Borpile .....	85
Gambar 3. 12 Flowchart Gording.....	87
Gambar 3. 13 Flowchart Kuda-Kuda .....	89
Gambar 4. 1 Balok Induk 1 yang ditinjau.....	92
Gambar 4. 2 Balok Induk 2 yang ditinjau .....	93
Gambar 4. 3 Balok Anak yang ditinjau .....	94
Gambar 4. 4 Kolom yang ditinjau .....	95
Gambar 4. 5 Sloof 1 yang Ditinjau.....	96

Gambar 4. 6 Sloof 2 yang ditinjau .....	97
Gambar 4. 7 Plat yang ditinjau.....	99
Gambar 4. 8 Mekanika Perencanaan Tangga.....	108
Gambar 4. 9 Denah Tipe Tangga 1 .....	109
Gambar 4. 10 Potongan Tangga.....	110
Gambar 4. 11 Detail Gording.....	113
Gambar 4. 12 Penguraian Gaya Pada Gording .....	114
Gambar 4. 13 Penguraian Beban Angin .....	115
Gambar 4. 14 Detail Penggantung Gording.....	122
Gambar 4. 15 Detail Ikatan Angin .....	125
Gambar 4. 16 Detail Penampang Kuda-Kuda.....	129
Gambar 4. 17 Detail Penampang Kolom Pendek.....	137
Gambar 4. 18 Detail Angker .....	143
Gambar 4. 19 Detail Sambungan Kuda-Kuda.....	145
Gambar 4. 20 Simpangan lantai 2 ( $\delta_4 = 18,58$ ) kombinasi encelope.....	199
Gambar 4. 21 Gambar Simpangan lantai 4 ( $\delta_3 = 15,9$ mm) kombinasi envelope.....	200
Gambar 4. 22 Struktur 3D.....	202
Gambar 4. 23 Balok Induk yang ditinjau.....	231
Gambar 4. 24 Gaya Lintang Rencana Komponen Balok pada SRPMM.....	236
Gambar 4. 25 Pembagian Wilayah Geser Pada Balok.....	267
Gambar 4. 26 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar.....	276
Gambar 4. 27 Balok Anak yang Ditinjau .....	278
Gambar 4. 28 Gaya Lintang Rencana Komponen Balok pada SRPMM.....	283
Gambar 4. 29 Pembagian Wilayah Geser Pada Balok.....	315

Gambar 4. 30 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar.....	324
Gambar 4. 31 Balok Bordes Yang Ditinjau .....	326
Gambar 4. 32 Gaya Lintang Rencana Komponen Balok pada SRPMM.....	331
Gambar 4. 33 Pembagian wilayah geser pada Balok .....	360
Gambar 4. 34 Detail Tulangan berkait untuk penyaluran kait standar.....	369
Gambar 4. 35 Kolom Yang Ditinjau .....	372
Gambar 4. 36 Faktor Panjang Efektif .....	380
Gambar 4. 37 Diagram Interaksi .....	383
Gambar 4. 38 Diagram Interaksi .....	390
Gambar 4. 39 Penampang Kolom .....	394
Gambar 4. 40 Grafik Akibat Momen Pada PCACOL .....	396
Gambar 4. 41 Hasil Output Pada PcaColumn .....	396
Gambar 4. 42 Gaya Lintang Rencan untuk SRPMM .....	398
Gambar 4. 43 Lintang Rencana untuk SRPMM.....	399
Gambar 4. 44 Diagram perhitungan daya dukung tanah .Error!	
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 4. 45 Penampang Borpile .....	409
Gambar 4. 46 Penampang Borpile .....	410
Gambar 4. 47 Penampang Borpile .....	411
Gambar 4. 48 Diagram Output Pmax PCACOL .....	419
Gambar 4. 49 Penampang Borpile dan Pile Cap .....	423
Gambar 4. 50 Penampang Borpile dan Pile Cap .....	426
Gambar 4. 51 Penampang Borpile dan Pile Cap .....	430
Gambar 4. 52 Penampang Borpile dan Pile Cap .....	431
Gambar 4. 53 Penampang Borpile dan Pile Cap .....	434



Gambar 4. 54 Mekanka Poer arah Y .....	437
Gambar 4. 55 Mekanka Poer arah X .....	438

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori Resiko Gempa .....	9
Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa .....	10
Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs .....	11
Tabel 2. 4 Koefisien Situs, $F_a$ .....	13
Tabel 2. 5 Koefisien Situs, $F_v$ .....	13
Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek .....	15
Tabel 2. 7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik .....	15
Tabel 2. 8 Koefisien untuk batas pada periode yang dihitung	16
Tabel 2. 9 Penulangan Plat .....	24
Tabel 4. 1 Berat Struktur Lantai 1 .....	169
Tabel 4. 2 Berat Struktur Lantai 2 .....	173
Tabel 4. 3 Berat Struktur Lantai 3 .....	178
Tabel 4. 4 Berat Struktur Lantai 4 .....	184
Tabel 4. 5 Berat Struktur Lantai 4 .....	188
Tabel 4. 6 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode perdetik .....	192
Tabel 4. 7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter percepatan periode 1 detik .....	192
Tabel 4. 8 Nilai N-SPT .....	193
Tabel 4. 9 Nilai $S_d$ dan $S_{d1}$ .....	194
Tabel 4. 10 Gaya Geser Seismik .....	197
Tabel 4. 11 Gaya Gempa arah X .....	197
Tabel 4. 12 Gaya Gempa Arah Y .....	198
Tabel 4. 13 Tabel Momen Plat .....	205
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Penulangan Lentur Plat .....	214
Tabel 4. 15 Rekapitulasi Penulangan Susut dan Suhu Pelat	215
Tabel 4. 16 Cross Tangga .....	219

Tabel 4. 17 Tabel Panjang Penyaluran .....	274
Tabel 4. 18 Panjang Penyaluran.....	322
Tabel 4. 19 Panjang Penyaluran.....	367
Tabel 4. 20 Perhitungan Jarak X dan Y .....	409
Tabel 4. 21 Perhitungan Jarak X dan Y.....	410
Tabel 4. 22 Perhitungan Jarak X dan Y .....	412

## DAFTAR NOTASI

$A_{cp}$	=	Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton ( $\text{mm}^2$ )
$A_{cv}$	=	Luas efektif bidang geser dalam hubungan balok kolom ( $\text{mm}^2$ )
$A_g$	=	Luas bruto penampang ( $\text{mm}^2$ )
$A_l$	=	Luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi ( $\text{mm}^2$ )
$A_n$	=	Luas bersih penampang ( $\text{mm}^2$ )
$A_o$	=	Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran ( $\text{mm}^2$ )
$A_{oh}$	=	Luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang torsi terluar ( $\text{mm}^2$ )
$A_s$	=	Luas tulangan tarik non prategang ( $\text{mm}^2$ )
$A_{sc}$	=	Luas tulangan tulangan longitudinal / lentur rencana yang diperhitungkan dalam memikul momen lentur ( $\text{mm}^2$ )
$A_s'$	=	Luas tulangan tekan non prategang ( $\text{mm}^2$ )
$A_t$	=	Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak $s$ untuk menahan torsi ( $\text{mm}^2$ )
$A_v$	=	Luas tulangan geser pada daerah sejarak $s$ atau Luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak $s$ pada komponen struktur lentur tinggi ( $\text{mm}^2$ )

$b$	=	Lebar daerah tekan komponen struktur ( $\text{mm}^2$ )
$b_o$	=	Keliling dari penampang kritis yang terdapat tegangan geser maksimum pada pondasi (mm)
$b_w$	=	Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
$C$	=	Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)
$Cc'$	=	Gaya pada tulangan tekan
$Cs'$	=	Gaya tekan pada beton
$d$	=	Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
$d'$	=	Jarak dari serat tekan terluar ke tulangan tekan (mm)
$db$	=	Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
$D$	=	Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
$e$	=	Eksentrisitas dari pembebanan tekan pada kolom atau pondasi
$E_c$	=	Modulus elastisitas beton (Mpa)
$ex$	=	Jarak kolom ke pusat kekakuan arah x
$ey$	=	Jarak kolom ke pusat kekakuan arah y
$Ex$	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah X



$E_y$	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah Y
$I_b$	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
$I_p$	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat
$f_c'$	=	Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa)
$f_y$	=	Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non pra-tegang (Mpa)
$f_{vy}$	=	Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (Mpa)
$f_{ys}$	=	Kuat leleh tulangan sengkang torsi (Mpa)
$h$	=	Tinggi total dari penampang
$h_n$	=	Bentang bersih kolom
$L_n$	=	Bentang bersih balok
$M_u$	=	Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
$M_{nb}$	=	Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
$M_{nc}$	=	Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
$M_n$	=	Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
$M_{nl}$	=	Momen kapasitas balok penampang kiri (Nmm)
$M_{nr}$	=	Momen kapasitas balok penampang kanan (Nmm)

- $M_{nt}$  = Momen kapasitas balok penampang atas (Nmm)
- $M_{nx}$  = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x
- $M_{ny}$  = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y
- $M_{ox}$  = Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x untuk aksial tekan nol
- $M_{oy}$  = Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu y untuk aksial tekan nol
- $M_1$  = Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
- $M_2$  = Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
- $M_{1ns}$  = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)
- $M_{2ns}$  = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm)

- $M_{1s}$  = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (ordepertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)
- $M_{2s}$  = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm)
- $n$  = Banyak tulangan yang dibutuhkan
- $N_{spt}$  = Nilai Test Penetrasi Stansart pada suatu lapisan tanah, gaya normal secara umum
- $Nu$  = Beban aksial terfaktor
- $P_{cp}$  = Keliling luar penampang beton (mm)
- $P_b$  = Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (N)
- $P_c$  = Beban kritis (N)
- $P_h$  = Keliling dari tulangan sengkang torsi
- $P_n$  = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (N)
- $P_o$  = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas npl

- $P_u$  = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
- $R$  = Faktor reduksi gempa, rasio anatar beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi gempa representatif struktu gedung tidak beraturan
- $R_{sx}$  = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa X
- $R_{sy}$  = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa Y
- $S$  = Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan (N)
- $T$  = Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya faktor respons gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana
- $T_c$  = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton
- $t_i$  = Tebal lapisan tanah ke i
- $T_n$  = Kuat momen torsi nominal (Nmm)
- $T_u$  = Momen torsi terfaktor pada penampang Nmm)
- $V_c$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

- $V_n$  = Pengaruh gempa rencana pada taraf pembebanan nominal untuk struktur gedung dengan tingkatan daktilitas umum, pengaruh gempa rencana pada saat didalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f1
- $V_s$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
- $V_u$  = Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
- $\alpha$  = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
- $\alpha_m$  = Nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok tepi dari suatu panel
- $\beta$  = Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
- $\beta_d$  = Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
- $\rho$  = Rasio tulangan tarik
- $\rho'$  = Rasio tulangan tekan
- $\rho_b$  = Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
- $\rho_{max}$  = Rasio tulangan tarik maksimum
- $\rho_{min}$  = Rasio tulangan tarik minimum

$\varepsilon_c$	=	Regangan dalam beton
$\lambda_d$	=	Panjang penyaluran
$\lambda_{db}$	=	Panjang penyaluran dasar
$\lambda_{dh}$	=	Panjang penyaluran kait standart tarik diukur dari penampang kritis hingga ujung luar kait (bagian panjang penyaluran yang lurus antara penampang kritis dan titik awal kait (titik garis singgung) ditambah jari-jari dan satu diameter tulangan)
$\lambda_{hb}$	=	Panjang penyaluran dasar dari kait standar tarik
$\lambda_n$	=	Bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang-bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negatif
$\lambda_u$	=	Panjang bebas (tekuk) pada kolom
$\delta ns$	=	Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan
$\delta s$	=	Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi
$\mu$	=	Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadi pelelehan pertama

$\psi$  = Faktor kekangan ujung – ujung kolom

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Dalam perencanaan suatu bangunan gedung harus memperhatikan beban-beban yang bekerja pada bangunan tersebut. Di dalam PPIUG 1983 beban-beban tersebut antara lain beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa dan beban khusus. Penghitungan untuk masing-masing beban telah tercantum dalam peraturan pembebanan, tetapi untuk perhitungan gempa mengacu pada SNI 1726 – 2012 dan Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010.

Dalam perencanaan beban gempa, ada beberapa sistem yang dapat diterapkan dalam struktur bangunan untuk menahan beban gempa yang akan terjadi. Salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Dalam sistem ini beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. System ini terbagi menjadi 3, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) seperti yang telah dijelaskan di dalam SNI 1726 – 2012.

Pada tugas akhir ini, akan direncanakan Gedung Psikologi Universitas Surabaya (UBAYA). Bangunan ini terdiri dari 7 lantai, namun dalam penyusunan proposal ini berdasarkan standar studi diploma tiga akan direncanakan struktur sejumlah 4 lantai. Kebutuhan



dalam merencanakan preliminari desain bangunan gedung ini akan dihitung kembali sesuai dengan kebutuhan dengan mengganti dimensi profil-profilnya. Dimana gambar denah perencanaan tersebut didapatkan dari kontraktor pelaksana.

Gedung Psikologi Universitas Surabaya (UBAYA) ini direncanakan dengan beban gempa statik ekuivalen sesuai dengan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 – 2012) dan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dimana komponen-komponen strukturnya dapat menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial yang memenuhi ketentuan-ketentuan untuk Rangka Pemikul Momen Menengah sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 21.3.1, sehingga struktur dapat merespon gempa tanpa mengalami keruntuhan.

## 1.2. RUMUSAN MASALAH

Adapun permasalahan yang dihadapi dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana cara menghitung dan merencanakan dimensi struktur gedung dan penulangan struktur beton bangunan Gedung Psikologi Universitas Surabaya (UBAYA) dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
2. Bagaimana mengaplikasikan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik.

### 1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah:

1. Perhitungan beban gempa yang bekerja menggunakan perhitungan statik ekuivalen
2. Perencanaan ini hanya membahas struktural dan tidak membahas manajemen konstruksi, analisis biaya maupun segi arsitektural
3. Perhitungan Pembebanan menggunakan PPIUG 1983
4. Untuk memenuhi syarat SRPMM maka data tanah menggunakan data tanah daerah Sumenep.

### 1.4 TUJUAN

Tujuan dari penyusunan laporan tugas akhir ini adalah:

1. Menghitung dan merencanakan dimensi struktur gedung dan penulangan struktur beton bangunan Gedung Psikologi Universitas Surabaya (UBAYA) dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
2. Mengaplikasikan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik.

### 1.5 MANFAAT

Manfaat dari penyusunan laporan tugas akhir ini adalah:

Mampu menerapkan perhitungan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) untuk

perencanaan struktur bangunan Gedung Psikologi  
Universitas Surabaya (UBAYA)

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Dalam perhitungan struktur bangunan perlu memperhatikan aturan-aturan agar bangunan ini dapat sesuai dengan kriteria yang berlaku. Berikut ini kutipan peraturan-peraturan yang menjadi dasar perhitungan pada laporan tugas akhir ini :

1. SNI 2847-2013 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung)
2. SNI 1726-2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung)
3. SNI 1729-2015 (Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural)
4. PBBI 1971 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia)
5. PPIUG 1983 (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung)
6. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi (Ir. Suyono Sosrodarsono)

#### 2.1 DATA PROYEK

Data Proyek pembangunan struktur gedung Aston Bojonegoro City Hotel adalah sebagai berikut :

Nama Proyek	: Proyek Pembangunan Gedung Psikologi Universitas Surabaya (UBAYA)
Alamat Proyek	: Jl Raya Kalirungkut Surabaya

Pemilik Proyek	: PT. Prambanan Dwipaka
Konsultan	: PT. Cipta Adi Dimensi
Luas Bangunan	: 4536 m <sup>2</sup>
Struktur Bangunan	: Beton Bertulang

## 2.2 SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN

SRPMM adalah singkatan dari Sistem Rangka Pemikul Momen, atau Moment Resisting Frame. Istilah ini sering kita dengar pada pembahasan mengenai struktur gedung tahan gempa. SRPM merupakan salah satu "pilihan" sewaktu merencanakan sebuah bangunan tahan gempa. Ciri-ciri SRPM antara lain: Beban lateral khususnya gempa, ditransfer melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom. Jadi, peranan balok, kolom, dan sambungan balok kolom di sini sangat penting; Tidak menggunakan dinding geser. Walaupun ada dinding, dinding tersebut tidak didesain untuk menahan beban lateral; Tidak menggunakan bresing (bracing). Untuk struktur baja, penggunaan bresing kadang sangat diperlukan terutama pada arah sumbu lemah kolom. Dalam hal ini, bangunan tersebut dapat dianalisis sebagai SRPM pada arah sumbu kuat kolom, dan sistem bresing pada arah lainnya.

SRPM dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori disain seismik (KDS) A dan B.
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori disain seismik (KDS) A, B, dan C.

3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori disain seismik (KDS) A, B, D, E, dan F.

Prinsip dari system rangka pemikul momen menengah (SRPMM) yaitu

1. Keruntuhan geser tidak boleh terjadi sebelum keruntuhan lentur
  - Keruntuhan geser bersifat mendadak (tidak memberi kesempatan penghuni utk menyelamatkan diri)=> harus dihindari
  - Penulangan geser pada balok dan kolom dihitung berdasar kapasitas tulangan lentur terpasang (bukan dari hasil analisis struktur)
  - Balok dipaksa runtuh akibat lentur terlebih dahulu dengan membuat kuat geser melebihi kuat lentur
2. Strong column weak beam (Kolom kuat balok lemah)
  - Kerusakan dipaksakan terjadi pada balok
  - Hubungan Balok Kolom harus didisain sesuai persyaratan gempa

## 2.3 PEMBEBANAN

### 2.3.1 Beban Mati

Berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala gejala beban tambahan, finishing, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. Beban mati pada bangunan sebagai berikut: berat pasangan keramik, berat spesi, berat dinding, AC dan instalasi listrik, plafond dan penggantung, plumbing air bersih dan kotor.

*(PPIUG pasal 1983 pasal 1.0.1)*

### 2.3.2 Beban Hidup

Semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan/atau beban akibat air hujan pada atap.

*(PPIUG pasal 1983 pasal 1.0.2)*

### 2.3.3 Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$ . Ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang ditentukan dalam pasal 4.2. dengan koefisien angin yang ditentukan dalam pasal 4.3.

*(PPIUG pasal 1983 pasal 4.1)*

### 2.3.4 Beban Gempa

Respon Spektrum Gempa Rencana adalah grafik yang menunjukkan nilai besaran respon struktur dengan periode (waktu getar) tertentu. Perhitungan respon dinamik struktur bangunan gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa nominal, dapat dilakukan dengan metode analisis dengan spektrum dengan memakai spektrum gempa rencana.

(SNI 1726-2012)

**Perhitungan beban gempa :**

1. Menentukan Kategori Risiko bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa

Sesuai dengan SNI 03-1726-2012, Bangunan Gedung Psikologi Universitas Surabaya termasuk kategori resiko IV dan diperoleh faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) sebesar 1,50.

*Tabel 2. 1 Kategori Resiko Gempa*

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Resiko</b>
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagaifasilitas yang penting termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> </ul>	IV



<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat kendaraan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi tangki penyimpanan kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk dalam risiko IV</p>	
---	--

**(SNI 1726-2012 Tabel 1)**

*Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa*

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

(SNI 1726-2012 Tabel 2)

2. Menentukan nilai ( $\bar{N}_{SPT}$ )

Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata-rata ( $\bar{N}_{SPT}$ )

$$\bar{N}_{SPT} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{ni}}$$

Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\bar{v}_s$ (m/deti k)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1 50 0	N/N A	N/NA
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/N A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	300 sampai 750	>50	$\geq 100$

SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<p>&lt;175                      &lt;15                      &lt;50</p> <p>Atau setiap profil tanah mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air <math>w \geq 40\%</math>,</li> <li>3. Kuat geser niralir <math>\bar{s}_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>		
SF (Tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>- Lempung sangat organik dan/atau gabut (ketebalan <math>H &gt; 3m</math>)</li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5m</math> dengan Indeks Plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> </ul>		

	Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebala $H > 35\text{m}$ dengan $\bar{s}_u < 50 \text{ kPa}$
--	---

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

**(SNI 1726-2012 Tabel 3)**

3. Mencari nilai  $S_s$  dan  $S_1$   
Berdasarkan PETA HAZARD GEMPA INDONESIA 2010 wilayah surabaya memiliki nilai  $S_a = \dots\dots\dots$  dan  $S_1 = \dots\dots\dots$
4. Menentukan Koefisien Situs Periode 0,2 detik ( $F_a$ ) dan Koefisien Situs Periode 0,2 detik ( $F_v$ )

*Tabel 2. 4 Koefisien Situs,  $F_a$*

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

**(SNI 1726-2012 Tabel 4)**

*Tabel 2. 5 Koefisien Situs,  $F_v$*

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$				
	$S1 \leq 0,2$ 5	$S1 =$ 0,5	$S1 = 0,7$ 5	$S1 =$ 1,0	$S1 \geq 1,2$ 5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,1	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,2	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	1,2	2,4	2,4
SF	$SS^b$				

(SNI 1726-2012 Tabel 5)

5. Menentukan Parameter Spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ).

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s$$

(SNI 1726-2012 pasal 6.2 pers 5)

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1$$

(SNI 1726-2012 pasal 6.2 pers 6)

6. Menentukan Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0,2 detik ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ).

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS}$$

(SNI 1726-2012 pasal 6.3 pers 7)

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{D1}$$

(SNI 1726-2012 pasal 6.3 pers 8)

7. Mencari Kategori Desain Seismik (KDS) untuk menentukan jenis rangka pemikul momen yang digunakan.

*Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek*

Nilai $S_{DS}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	B
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(SNI 1726-2012 Tabel 6)

*Tabel 2. 7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periodea 1 detik*

Nilai $S_{D1}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C

$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,00 \leq S_{D1}$	D	D

(SNI 1726-2012 Tabel 6)

8. Mencari koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ )

*Tabel 2. 8 Koefisien untuk batas pada periode yang dihitung*

<b>Parameter percepatan respon spektral desain pada 1 detik , <math>S_{D1}</math></b>	<b>Koefisien (<math>C_u</math>)</b>
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(SNI 1726-2012 Tabel 14)

9. Menentukan besar periode ( $T$ ) pada suatu bangunan

$$T = C_t \cdot h_n^x$$

(SNI 1726-2012 pasal 7.8.2.1 pers 26)

$h_n^x$  = Tinggi bangunan

$C_t = 0,0466$

$x = 0,9$

(SNI 1726-2012 Tabel 15)

10. Membuat Respons Spektrum Gempa
- Untuk perioda lebih kecil  $T_0$  ,  
spektrumrespons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS}(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0})$$

**(SNI 1726-2012 pasal 6.4 pers 9)**

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS}$$

- Untuk perioda lebih besar  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain

$$S_a = \frac{S_{DS}}{T}$$

**(SNI 1726-2012 pasal 6.4 pers 9)**

11. Menentukan nilai Koefisien Modifikasi Respons (R) sesuai dengan Faktor R,Cd untuk sistem penahan gaya gempa

**(SNI 1726-2012 Tabel 9)**

12. Menghitung Gaya Geser Desain Seismik (V)

$$V = C_s \cdot W$$

**(SNI 1726-2012 pasal 7.8.1 pers. 21)**

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

**(SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1 pers. 22)**

Sehingga,

$$V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} \cdot W$$

13. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik per Lantai (F)



$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

(SNI 1726-2012 pasal 7.8.3 pers. 30)

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k}$$

(SNI 1726-2012 pasal 7.8.3 pers. 31)

Sehingga,

$$F_x = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \cdot V$$

14. Menginput gaya geser dasar seismik per lantai ke dala SAP 2000N

## 2.4 PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER

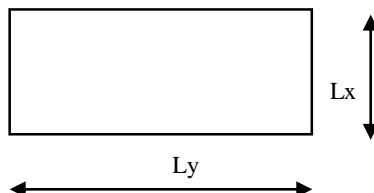
### 2.4.1 Perhitungan Struktur Pelat

#### 2.4.1.1 Perencanaan Ketebalan Pelat

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

1. Perencanaan pelat satu arah (one way slab)

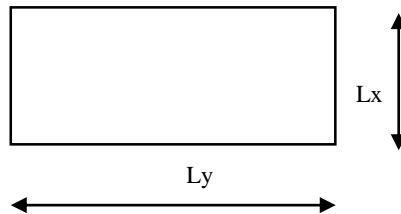
Pelat satu arah terjadi apabila  $L_y/L_x > 2$ ; dimana  $L_x$  = bentang pendek dan  $L_y$  = bentang panjang. Seperti pada gambar ..... di bawah ini.



Tebal minimum yang ditentukan dalam tabel 2.10 berdasarkan *SNI 2847-13 pasal 9.5.2.1* dibawah ini, berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila diperhitungkan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan .

## 2. Perencanaan pelat dua arah (two way slab)

Pelat dua arah terjadi apabila  $L_y/L_x < 2$ ; dimana  $L_x$  adalah bentang pendek dan  $L_y$  adalah bentang panjang. Seperti pada gambar 2.2 di bawah ini.



- Untuk  $\alpha_m \leq 0,2$  menggunakan pasal 9.5.3.2
- Untuk  $0,2 < \alpha_m < 2$  ketebalan minimum pelat harus memenuhi

$$h_1 = \frac{\ln \left( 0.8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0.2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

- c. Untuk  $\alpha_{fm} \geq 2$  ketebalan minimum plat harus memenuhi

$$h_2 = \frac{\ln \left( 0.8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana :

$l_n$  : Panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok

$f_y$  : Tegangan leleh

$\beta$  : Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat

$\alpha_m$  : Nilai rata-rata dari  $\alpha$  untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel

$\alpha$  : Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok

- d. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan  $\alpha_f$  tidak

kurang dari 0,8 atau sebagai alternative ketebalan minimum yang ditentukan persamaan (h1 dan h2) harus dinaikan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus

Nilai  $\alpha_m$  didapat dari

$$\alpha = \frac{E_{balok} I_{balok}}{E_{pelat} I_{pelat}}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n}$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3$$

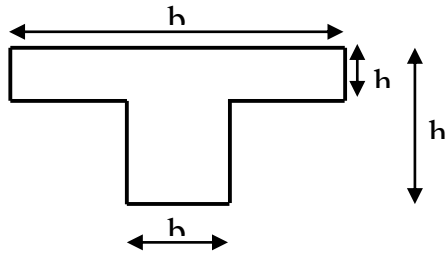
$$I_{pelat} = Ly \times \frac{h_f^3}{12}$$

$K$

$$= \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)}$$

*(SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3)*

Perumusan untuk mencari lebar flens pada balok

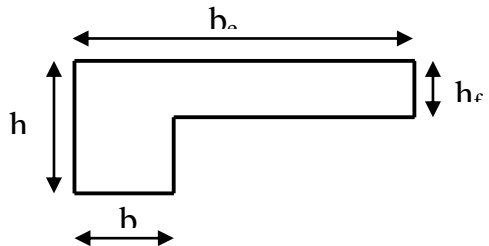


**Balok tengah:**

Nilai  $b_e$  :

$$b_e = b_w + 2(h_w - h_f)$$

$$b_e = b_w + 8 h_f$$



**Balok tepi :**

$$b_e = b_w + h_w$$

$$b_e = b_w + 4h_f$$

#### 2.4.1.2 Analisa Gaya Dalam

Untuk mengetahui pelat tanpa balok tepi,  
pelat dengan balok tepi fleksibel ataupun pelat

dengan balok tepi kaku dapat dilihat besarnya nilai rata-rata rasio kekakuan plat dengan balok ( $\alpha_m$ ) sesuai buku desain beton bertulang oleh Chua-Kia Wang dan Charles G. Salmon jilid 2, penerbit Erlangga tahun 1992, Jakarta. Dan perhitungan momen – momen yang terjadi pada pelat berdasarkan pada tabel 12.2.1 dan 13.3.1 Peraturan Beton Bertulang Indonesia tahun 1971.

#### 2.4.1.3 Penulangan Pelat

##### 1. Analisa Struktur Pelat

Rasio kekakuan balok terhadap pelat diatur pada:

$$\alpha = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cp} \times I_p} > 1$$

*(SNI 2847-2013 pasal 13.3.6)*

Dimana :

- $E_{cb}$  = modulus elastisitas balok beton
- $E_{cp}$  = modulus elastisitas pelat beton
- $I_b$  = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
- $I_p$  = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat

##### 2. Rasio Penulangan Pelat

Tabel 2. 9 Penulangan Plat

Persamaan	Sumber
$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$	(SNI 2847-2013 pasal 10.5.1)
$\rho_{balance} = \frac{0.85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$	(SNI 2847-2013 lampiran B.8.4.2)
$\rho_{max} = 0.75 \rho_{balance}$	(SNI 2847-2013 lampiran B.10.3.3)
$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'}$	(Wang, C. Salmon hal 55 pers.3.8.4)
$\rho_{pertu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right)$	(Wang, C. Salmon hal 55 pers.3.8.4.a)

Jika  $\rho_{pertu} < \rho_{min}$  maka  $\rho_{pertu}$  dinaikkan 30%, sehingga :

$$\begin{aligned}\rho_{pakai} &= 1,3 \times \rho_{perlu} \\ As &= \rho_{perlu} \times b \times d\end{aligned}$$

3. Kontrol jarak spasi tulangan

$$s_{max} < 2 \times h$$

*(SNI 2847-2013 pasal 13.3.2)*

4. Kontrol tulangan susut dan suhu  
Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang 0.0014.
5. Kontrol jarak spasi tulangan susut dan suhu  
Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal pelat atau tidak lebih jauh dari 450 mm.  
*(SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.2)*

#### 2.4.2 Perhitungan Struktur Tangga

1. Perencanaan Dimensi Tangga  
Merencanakan dimensi anak tangga dan bordes.  
Merencanakan dimensi tanjakan dengan persyaratan :  
$$0,6 \leq (2t + i) \leq 0,65 \dots\dots(\text{meter})$$

Dimana:

$$t = \text{tanjakan} \leq 25\text{cm}$$

$$i = \text{injakan}, 25\text{cm} \leq i \leq 40\text{cm} \text{ dan maksimal sudut tangga } 40^0$$

2. Pembebanan Tangga



- a. Berdasarkan *PPIUG 1983 tabel 2.1* beban mati pada tangga sebagai berikut:
  - Berat sendiri
  - Spesi
  - Berat railing
  - Keramik
- b. Berdasarkan *PPIUG 1983 tabel 3.1* beban hidup pada tangga adalah  $300\text{kg/m}^2$
3. Penulangan Struktur Tangga

Penulangan pada pelat anak tangga dan pelat bordes menggunakan perhitungan sesuai prinsip perencanaan pelat

## 2.5 PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER

### 2.5.1 Perhitungan Struktur Balok

#### 2.5.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

##### 1. Balok dengan 2 Tumpuan

Dimensi balok yang memiliki tumpuan dikedua ujungnya harus memenuhi persyaratan di bawah ini.

$$h > \frac{1}{16} \left( 0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$

##### 2. Balok dengan 1 Tumpuan (kantilever)

Dimensi balok yang memiliki tumpuan di salah satu ujungnya harus memenuhi persyaratan di bawah ini

$$h > \frac{1}{8} \left( 0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$

### 2.5.1.2 Penulangan Lentur, Geser, dan Torsi

1. Perhitungan Penulangan lentur pada balok Momen Tumpuan dan lapangan pada balok diperoleh dari output program SAP 2000. Cek jenis tulangan, merupakan tulangan rangkap atau tulangan tunggal.

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

- Tulangan Minimum

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI 2847-2013 pasal 10.5)

- Tulangan Maksimum

$$\rho_{max} = 0,75\rho_b$$

(SNI 2847-2013 pasal 10.3.5)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y} \right) \quad \text{Syarat}$$

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

Jika  $\rho > \rho_{max}$ , maka

1. Dimensi balok (h) harus di perbesar
2. Dipakai tulangan ganda (rangkap)

### 2. Penulangan Geser dan Torsi

Kekuatan geser beton bertulang  $V_n$  pada dasarnya merupakan kombinasi kekuatan antara geser yang mampu dipikul beton  $V_c$  dengan kekuatan geser yang mampu dipikul oleh tulangan baja  $V_s$  atau dalam persamaan yang dapat dituliskan

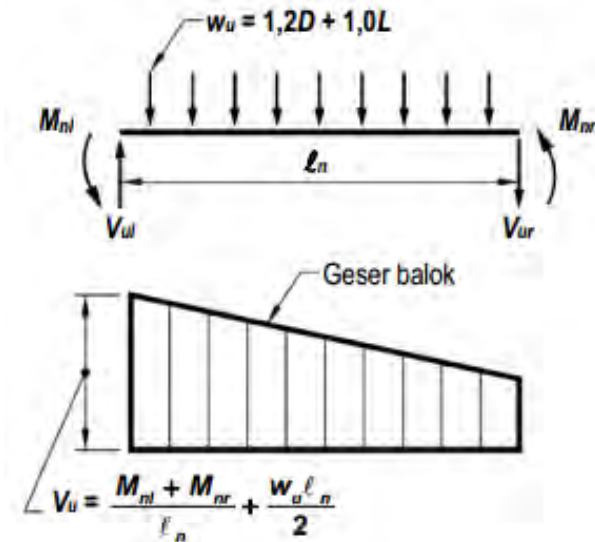
$$V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_n = V_u$$

$V_u$  adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dari  $V_n$

(SNI 2847-2013 pasal 11.1.1)

Untuk mendapatkan  $V_u$ , rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Gambar lintang rencana pada balok untuk SRPMM

(SNI 2847-2013 pasal S21.3.3)

- a. Untuk struktur yang dikenai geser dan lentur saja

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w . d$$

*(SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1)*

- b. Untuk struktur yang dikenai tekan aksial

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w . d$$

*(SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.2)*

- c. Untuk struktur yang dikenai tarik aksial,  $V_c = 0$

*(SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.3)*

- d. Tulangan Geser minimum

$$A_v \text{ min} = 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{b_w . s}{f_{yt}}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari

$$\frac{0,35 b_w . S}{f_{yt}}$$

*(SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.3)*

- e. Desain tulangan geser

$$V_s = \frac{A_v . f_{yt} . d}{s}$$

Dan tidak boleh lebih besar dari

$$0,66 \sqrt{f_c'} b_w . d$$

*(SNI 2847-2013 pasal 11.4.7)*

Adapaun persyaratan perhitungan tulangan geser untuk Sistem Rangka Momen Menengah:

- Kondisi 1 :  $V_u \leq \phi V_c$  (Tidak perlu tulangan Geser)

- Kondisi 2 :  $0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$   
(Tulangan geser Minimum)

$$A_v \min = \frac{0,35 S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{maks} \leq 600 \text{ mm}$$

- Kondisi 3 :  $\phi V_c < V_u \leq \phi (V_c + V_s \min)$  (Tulangan geser minimum)

$$A_v \min = \frac{0,35 S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{maks} \leq 600 \text{ mm}$$

- Kondisi 4 :  $\phi (V_c + V_s \min) < V_u \leq \phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c' \cdot b_w \cdot d})$  (Perlu tulangan geser)

$$\begin{aligned} \phi V_s \text{ perlu} &= V_u - \phi V_c ; V_s \\ &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \end{aligned}$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

- Kondisi 5 :  $\phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c' \cdot b_w \cdot d} \right) < V_u \leq \left( V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c' \cdot b_w \cdot d} \right)$   
(Perlu tulangan Geser)

$$\begin{aligned}\phi V_s \text{ perlu} &= V_u - \phi V_c ; V_s \\ &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}\end{aligned}$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

- Kondisi 6 :  $V_s > \frac{2}{3} \sqrt{f'c' \cdot bw \cdot d}$   
(Perbesar Penampang)

f. Tulangan sengkang pada balok

- Momen positif balok pada muka kolom  
 $\geq 1/3$  momen negatif balok pada muka kolom
- Pada kedua ujung balok harus dipasang sengkang sepanjang  $\geq 2h$  diukur dari muka kolom ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang  $\leq 50\text{mm}$  dari muka kolom. Spasi maksimum sengkang tidak boleh lebih dari :
  - $d/4$ ;
  - delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil;
  - 24 kali diameter batang tulangan sengkang;
  - 300mm.
- Sengkang dipasang sepanjang bentang balok dengan spasi  $\leq d/2$  panjang balok.

**(SNI 2847-2013 pasal 24.3.4.2)**

2.5.1.3 Penulangan Torsi

- a. Tulangan Torsi dapat diabaikan apabila momen terfaktor  $T_u$  kurang dari kondisi sebagai berikut

- Untuk komponen struktur non-prategang

$$0,083\lambda\sqrt{f_c'}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

- Untuk komponen struktur prategang

$$0,083\lambda\sqrt{f_c'}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)\sqrt{1 + \frac{f_{cp}}{0,33\lambda\sqrt{f_c'}}$$

- Untuk komponen struktur non-prategang yang dikenao gaya tarik atau tekan aksial

$$0,083\lambda\sqrt{f_c'}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)\sqrt{1 + \frac{f_{cp}}{0,33.A_g.\lambda\sqrt{f_c'}}$$

(SNI 2847-2013 pasal 11.4.7)

- b. Tulangan Torsi dikatakan minimum apabila  $T_u \geq$  batas  $T_u$  pada SNI 2847-2013 pasal 11.4.7 , maka luas minimum sengkang tertutup transversal harus dihitung dengan:

$$(A_v + 2A_t) = 0,062\sqrt{f_c'}\frac{bws}{f_{yt}}$$

Dan tidak boleh kurang dari

$$\frac{0,35.bw.s}{f_{yt}}$$

(SNI 2847-2013 pasal 11.5.5)

- c. Spasi tulangan torsi transversal

$$S \leq \frac{ph}{8} \text{ atau } 300\text{mm}$$

Spasi tulangan torsi longitudinal

$$S_{maks} = 300mm$$

(SNI 2847-2013 pasal 11.5.6)

## 2.5.2 Perhitungan Struktur Kolom

### 2.5.2.1 Perencanaan Dimensi Kolom

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

Keterangan :

I kolom = Inersia kolom ( $1/12 \times b \times h^3$ )

L kolom = Tinggi bersih kolom

I balok = Inersia balok ( $1/12 \times b \times h^3$ )

L balok = Tinggi bersih balok

### 2.5.2.2 Penulangan Geser dan Lentur Kolom

1. Bedakan kolom dengan pengaku (*braced frame*) atau kolom tanpa pengaku (*unbraced frame*)

$$Q = \frac{\sum Pu \cdot \Delta o}{V_{us} \cdot I_c} \leq 5\% \text{ (Tidak bergoyang)}$$

$$Q = \frac{\sum Pu \cdot \Delta o}{V_{us} \cdot I_c} \geq 5\% \text{ (Bergoyang)}$$

Dimana :  $\sum Pu$  = total gaya geser tingkat horizontal pada tingkat yang dievaluasi

$V_{us}$  = beban bertikal terfaktor

$\Delta o$  = defleksi lateral relatif orde pertama antara tepi atas dan bawah akibat  $V_{us}$

(SNI 2847-2013 pasal 10.10.5)



2. Hitung faktor kekakuan (EI) kolom

$$EI = \frac{(0,2Ec.Ig + Es.Ise)}{1 + \beta dns}$$

Atau,

$$EI = \frac{0,4Ec.Ig}{1 + \beta dns}$$

(SNI 2847-2013 pasal 10.10.6.1)

Keterangan:

$E_c$  = modulus elastis beton =  $4700 \sqrt{f'c'}$   
Mpa

$I_g$  = momen Inersia penampang kolom =  
 $1/12.b.h$

$E_s$  = modulus elastisitas baja = 200000 Mpa

$I_{se}$  = momen inersia tulangan terhadap  
pusat penampang

$\beta d$  = Ratio dari beban mati aksial terfaktor  
maksimum terhadap beban aksial

3. Hitung faktor kekangan ujung-ujung kolom  
( $\Psi_A$ ) dan ( $\Psi_B$ )

Factor kekangan ujung dalam hal ini didefinisikan sebagai ratio antara sigma kekakuan dibagi panjang kolom-kolom dengan sigma kekakuan dibagi panjang balok-balok pada simpul tinjauan

$$\Psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{kolom - kolom}}{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{balok - balok}}$$

Keterangan :

$\Psi = 0$  , Ujung kolom terjepit

$\Psi = 1$  , Ujung kolom ditumpu pondasi

$\Psi = \sim$  , Ujung kolom sendi

4. Hitung faktor panjang efektif (k)
  - Tidak bergoyang  
Faktor k boleh diambil sebesar 1,0  
(SNI 2847-2013 pasal 10.10.6.3)
  - Bergoyang  
Faktor k dengan menggunakan tabel nomogram dan berdasarkan perhitungan tidak boleh kurang dari 1,0

(SNI 2847-2013 pasal 10.10.7.2)

5. Kontrol Kelangsingan

Kolom pendek :

Dengan Pengaku (*Braced*),

$$\frac{kLu}{r} \leq 34 - 12 \left( \frac{M1}{M2} \right) \leq 40$$

Tanpa Pengaku *Unbraced*,

$$\frac{kLu}{r} \leq 22$$

Kolom Langsing

Dengan Pengaku *Braced*,

$$\frac{kLu}{r} \geq 34 - 12 \left( \frac{M1}{M2} \right)$$

Tanpa Pengaku *Unbraced*

$$\frac{kLu}{r} \geq 22$$

(SNI 2847-2013 pasal 10.10.1)

Dimana : M1 = momen ujung terkecil

M2 = momen ujung terbesar

I = momen inersia penampang

k = faktor panjang efektif

$$r = \sqrt{I/A}$$

6. Hitung Faktor  $C_m$

- Untuk komponen struktur tanpa beban transversal,

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_1}{M_2}$$

- Untuk komponen struktur dengan beban transversal,

$$C_m = 1$$

7. Faktor Pembesaran momen

Untuk kolom bergoyang,

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \sum Pc}} \geq 1$$

*(SNI 2847-2013 pasal 10.10.7.4)*

Untuk tak kolom bergoyang,

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \frac{Pu}{0,75 Pc}} \geq 1$$

$$Pc = \frac{\pi^2 EI}{(k \cdot lu)^2}$$

*(SNI 2847-2013 pasal 10.10.6)*

Momen  $M1$  dan  $M2$  di ujung komponen harus diambil sebesar,

$$M1 = M1_{ns} + \delta_s M1_s$$

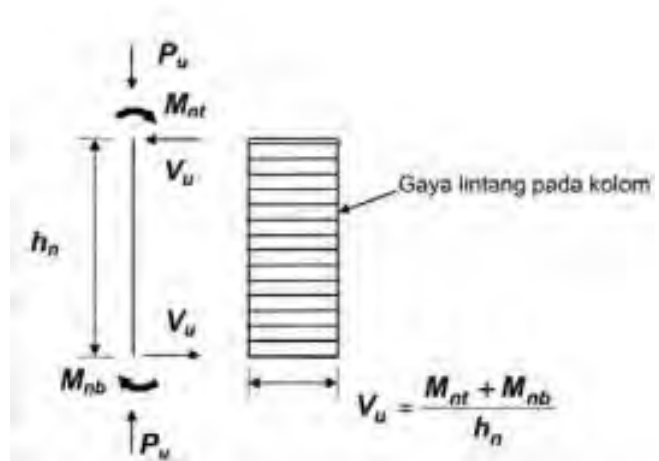
$$M2 = M2_{ns} + \delta_s M2_s$$

(SNI 2847-2013 pasal 10.10.7)

8. Analisa/design penampang kolom langsing berdasarkan  $P_u$  dan  $M$  di atas

Perencanaan tulangan geser pada kolom :

Untuk mendapatkan nilai  $V_u$  pada kolom dapat diperoleh dari rumus berikut :



Gambar 2. 2 Gaya Lintang Rencana pada kolom untuk SRPMM

(SNI 2847-2013 gambar S21.3.3)

Sedangkan untuk pengecekan kondisi tulangan geser pada kolom menggunakan prinsip perhitungan sama dengan penulangan geser balok.

9. Tulangan sengkang pada kolom  
 Pada kedua ujung kolom, sengkang harus dipasang dengan spasi ( $s_o$ ) sepanjang  $l_o$  diukur dari muka joint. Spasi tidak boleh melebihi :
  - a. Delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi;
  - b. 24 kali diameter batang tulangan begel;
  - c. Setengah dimensi penampang kolom terkecil;
  - d. 300mm.

Panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari :

- a. 1/6 bentang bersih kolom
- b. Dimensi maksimum kolom
- c. 450 mm.

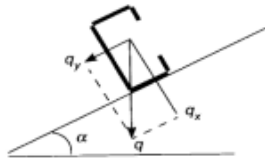
*(SNI 2847-2013 pasal 21.3.5.2)*

10. Panjang penyaluran kolom menggunakan metode sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 12.7

## 2.6 PERHITUNGAN STRUKTUR ATAP

### 2.6.1 Perhitungan Profil Gording

Untuk pembebanan gording diasumsikan sebagai struktur balok menerus, dengan tumpuan pada tiap tiap rafter, akibat adanya sudut kemiringan pada atap  $\theta^\circ$  maka beban yang bekerja searah gravitasi bumi harus diuraikan terhadap sumbu X (sumbu sejajar/searah dengan kemiringan atap) dan sumbu Y (sumbu tegak lurus dengan kemiringan atap).



*Gambar 2. 3 Gambar Penguraian beban pada gording*

Di mana penguraian bebannya adalah sebagai berikut:

- $Q_x = q \cos \alpha$
- $Q_y = q \sin \alpha$
- $P_x = P \cos \alpha$
- $P_y = P \sin \alpha$

Yang termasuk pembebanan di atap adalah :

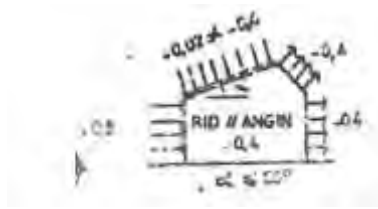
- Beban Mati
  - Berat sendiri profil gording
  - Berat penutup atap per meter panjang

- Berat baut dan alat sambung = 10%  
(berat gording + penutup atap)
- Beban Hidup

Berdasarkan PPIUG 1983 pasal 3.2.1 beban hidup diambil yang terbesar di antara beban pekerja dan beban hujan. Beban hidup berupa orang dapat diambil beban terpusat  $P = 100 \text{ kg}$  atau beban air hujan menurut PPIUG 1983 pasal 3.2.2.4 beban terbagi rata per  $\text{m}^2$  bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar  $(0,4 - 0,8 \alpha) \text{ kg/m}^2$  dan tidak perlu  $> 20 \text{ kg/m}^2$

- Beban Angin

Pada perhitungan manual beban angin yang bekerja pada struktur ini berupa angin hisap dan angin tekan, sedangkan pendistribusian beban angin dalam program bantu SAP 2000 didistribusikan 1 arah. Dalam desain yang diperhitungkan adalah hanya angin tekan saja. Angin hisap tidak diperhitungkan dalam desain, karena akan meringankan struktur.



Gambar 2. 4 Koefisien Beban Angin

Tekanan angin diketahui = 25 kg/m<sup>2</sup>

(PPIUG 1983 pasal 4.2.1)

Koefisien angin tekan (c1) = 0,02 (a) – 0,4

Koefisien angin hisap = -0,4

1. Kombinasi Momen

- Beban tetap = Beban Mati + Beban Hidup
- Beban Sementara = beban Tetap + Beban Angin

2. Kontrol Penampang

Langsing :  $\lambda < \lambda_r$  Gording merupakan suatu balok yang menerima beban lentur. Tahanan balok terlentur harus memenuhi persyaratan :

$$\phi b.. Mn > Mu$$

Dengan :

$$\phi b = 0,9$$

$$Mn = \text{tahanan momen nominal}$$

$$Mu = \text{momen lentur}$$



Dalam perhitungan tahanan momen nominal dibedakan antara penampang kompak, tak kompak, dan langsing. Adapun batasan penampang kompak, tak kompak, dan langsing adalah :

- Penampang kompak :  $\lambda < \lambda_p$
- Penampang tak kompak :  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$
- Langsing :  $\lambda < \lambda_r$

Tahanan nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak adalah :

$$M_n = M_p = Z \cdot f_y$$

Dengan :

$M_n = M_p$  = tahanan momen plastis

$Z$  = modulus plastis

$f_y$  = kuat leleh

Sedangkan tahanan nominal pada saat  $\lambda = \lambda_r$  adalah:

$$M_n = M_r = (f_y - f_r) \cdot S$$

Dengan :

$f_y$  = tahanan leleh

$f_r$  = tegangan sisa (penampang gilas panas 70 MPa, penampang dilas 115 MPa)

$S$  = modulus penampang

### 3. Kontrol Lendutan

Lendutan ijin

$$f_{ijin} = \frac{L}{250}$$

(PBBI 1984 pasal 15.1)

Arah X

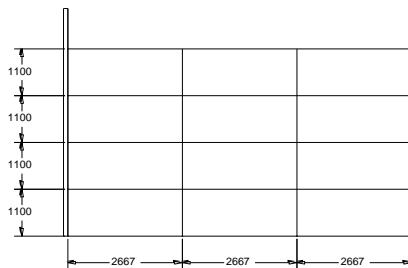
$$\Delta X = \left( \frac{5}{384} x \frac{qx \cdot Lx^4}{E \cdot Iy} \right) + \left( \frac{1}{48} x \frac{Px \cdot L^3}{E \cdot Iy} \right)$$

Arah Y

$$\Delta X = \left( \frac{5}{384} x \frac{qx \cdot Lx^4}{E \cdot Ix} \right) + \left( \frac{1}{48} x \frac{Px \cdot L^3}{E \cdot Ix} \right)$$

$$\Delta = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} \leq f'_{ijin}$$

#### 2.6.2 Perencanaan Penggantung Gording



Gambar 2. 5 Detail Penggantung Gording

- $A = q \times l$  (kg)

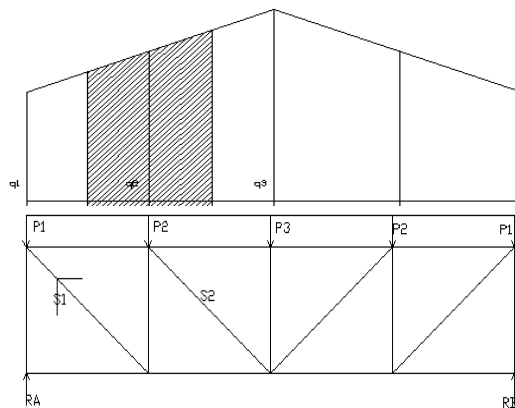
- $N = n \times a$  (kg)
- $T = n / \sin \Theta$
- $A = \frac{1}{4} \pi d^2$
- $\sigma^o = T / A \leq \sigma_{ijin}$

Keterangan :

- a = berat yang dipikul setiap gording
- n = jumlah gording
- N = gaya arah X
- T = gaya yang disalurkan ke kuda-kuda

### 2.6.3 Perencanaan Ikatan Angin

- $Q = \text{tekanan angin} = 25 \text{ kg/m}^2$
- $A = A = \frac{1}{4} \pi d^2$
- $P_n = A \times q \times C$
- $C = \text{koefisien angin} = 0,9$  (PPIUG 1983 tabel 4.1)
- $\sigma^o = P_n / A \leq \sigma_{ijin}$



Gambar 2. 6 Detail Ikatan Angin

#### 2.6.4 Perencanaan Kuda-Kuda

Gaya dalam pada kuda-kuda didapat dari hasil analisa SAP 2000. Perhitungan kemampuan kuda-kuda meliputi :

Kontrol Stabilitas Batang Tekan

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor,  $P_u$ , harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$P_u \leq \phi \times P_n$$

Dimana,

$P_u$  = Gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor

$P_n$  = kuat tekan nominal komponen struktur

$\phi$  =faktor reduksi kekuatan

#### 2.6.5 Perencanaan Sambungan

##### 1. Sambungan Baut

##### Tahanan Geser Baut

Kekuatan geser rencana dari suatu baut dihitung sebagai berikut :

$$\phi R_n = \phi \left[ m \cdot r_1 \cdot f_{ub} \cdot A_b \right]$$

Keterangan :

$r_1 = 0,4$  (baut tanpa ulir pada bidang geser)

$r_1 = 0,5$  (baut dengan ulir pada bidang geser)

$\phi = 0,75$  (faktor reduksi)

$f_{ub}$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = luas bruto penampang baut

### Tahanan Tarik Baut

Kekuatan geser rencana dari suatu baut dihitung sebagai berikut :

$$\phi T_d = \phi \times 0,75 \times f_{ub} \times A_b$$

Keterangan :

$\phi = 0,75$  (faktor reduksi)

$f_{ub}$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = luas bruto penampang baut

### Tahanan Tumpu Baut

Kekuatan geser rencana dari suatu baut dihitung sebagai berikut :

$$\phi R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

Keterangan :

$\phi = 0,75$  (faktor reduksi)

$d_b$  = diameter baut

$t_p$  = tebal pelat

$f_u$  = tegangan tarik putus yang terendah baut atau pelat.

## 2. Sambungan Las

### Ukuran Minimum Las Sudut

Untuk ukuran minimum las sudut yang akan di pakai dapat di tentukan berdasarkan SNI 1729-2014 Tabel J2.4

## 2.7 PERHITUNGAN PONDASI

### 2.7.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah

$$1. \quad Cn = \frac{Cn1 + Cn2}{2}$$

Dimana :

Cn1 diambil 6D diatas ujung conus

Cn2 diambil 3,5D dibawah ujung conus

#### 2. Kekuatan bahan

$$Pt_{ijin} = fc'_{ijin} \times Atp$$

#### 3. Kekuatan tanah

$$P_{ijin} = \frac{A \text{ tiang} \times Cn}{SF1} + \frac{Kel \text{ tiang} \times JHP}{SF2}$$

Keterangan :

- Cn = Nilai Conus
- JHP = jumlah hambatan pelekot
- SF1 = 2-3
- SF 2 = 5

### 2.7.2 Perencanaan Tiang Pancang

#### 1. Kebutuhan tiang pancang

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}}$$

#### 2. Perhitungan jarak antar tiang pancang

$$2,5 D \leq S \leq 3D$$

3. Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer

$$1,5D \leq S1 \leq 2D$$

4. Efisiensi ( $\eta$ ) =  $1 = \theta \frac{(\eta-1)m+(m-1)n}{9mn}$

Dimana :

- $\theta = \arctan\left(\frac{D}{S}\right)$
- D = Diameter tiang pancang
- S = jarak antar tiang pancang.

5. Tekanan grup tiang pancang (P group)

$$P_{group} = \eta \times P_{ijin}$$

6. Gaya yang dipikul tiang pancang

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{MyX_{max}}{\sum x^2} \pm \frac{MxY_{max}}{\sum y^2}$$

7. Kontrol tiang pancang

- $P_{max} \leq P_{ijin}$
- $P_{min} \leq P_{ijin}$
- $P_{max} \leq P_{group\ tiang}$

### 2.7.3 Perencanaan Pile Cape (Poer)

1. Penulangan Lentur Poer

- a. Rencanakan ketinggian (h) poer
- b. Tentukan momen yang terjadi

$$Mu = (P \cdot x) - \left(\frac{1}{2}ql^2\right)$$

- c. Hitung penulangan

- $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$
- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_{c'} \left(\frac{600}{600+f_y}\right)}{f_y}$

- $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$
- $m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}}$
- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$
- $A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$

## 2. Penulangan Geser Poer

- a. Untuk aksi dua arah non prategang diambil yang terkecil dari

- $V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_{c'}} b_o \cdot d$
- $V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_{c'}} b_o \cdot d$
- $V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f_{c'}} b_o \cdot d$

(SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1)

- b. Untuk aksi dua arah prategang nilai  $V_c$  yaitu :

$$V_c = (\beta_p \lambda \sqrt{f_{c'}} + 0,3 f_{pc}) b_o \cdot d + V_p$$

(SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.2)

- c. Cek kondisi penampang

$$\phi \cdot V_c > V_u \text{ (memenuhi syarat)}$$

Jika tidak memenuhi syarat maka harus perbesar penampang

- d. Mencari nilai  $V_s$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$$

(SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.2)

- e. Mencari nilai  $V_n$

$$V_n \leq 0,5 \sqrt{f_{c'}} b_o \cdot d$$



**(SNI 2847-2013 pasal  
11.11.4.8)**

3. Spasi Tulangan geser maksimum :

$$S \text{ maks} \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

**2.7.4 Panjang Penyaluran Tulangan Kolom**

1. Tulangan kondisi tarik (SNI 2847-2013 pasal 12.2.2)

- Tulangan lebih

$$\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ terpasang}}$$

**(SNI 2847-2013 pasal 12.2.5)**

2. Tulangan kondisi tekan (SNI 2847-2013 pasal 12.3)

Panjang penyaluran diambil nilai terdesar dari kondisi sebagai berikut

$$\left( \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) db$$

$$(0,043 f_y) db$$

- Tulangan lebih

$$\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ terpasang}}$$

**(SNI 2847-2013 pasal 12.3.3)**

**2.7.5 Kontrol Geser Pons**

1. Geser satu arah pada poer

- a. Tentukan beban poer

$$qt = \frac{P}{Ag \text{ poer}}$$

- b. Menentukan luasan tributary akibat geser satu arah
  - c. Kontrol 'd' (tebal poer) berdasarkan gaya geser satu arah
  - d.  $qu = \frac{\Sigma P}{Ag\ poer}$
  - e.  $Vu = qu \cdot (Luas\ total\ poer - luas\ pons)$
  - f. Kontrol perlu tulangan geser
    - $\emptyset Vc > Vu$  , tidak perlu tulangan geser
    - $\emptyset Vc < Vu$  , perlu tulangan geser
    - $\emptyset Vc > Vu$  (perlu tulangan geser, maka dimensi poer diperbesar)
2. Geser Dua arah pada poer
- Kontrol kemampuan beton

$$Vc = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c'} bo \cdot d$$

$$Vc = \left[ \frac{a_{sxd}}{bo} + 2 \right] \frac{\sqrt{f'c' \cdot bo \cdot d}}{12}$$

Dimana  $As = 40$  untuk kolom interior, 30 untuk kolom tepi, 20 untuk kolom sudut

$$Vc = 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} bo \cdot d$$

Keterangan :

- $\beta$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom
- $bo$  = keliling dari penampang kritis  
 $4(0,5d + b\ kolom + 0,5d)$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.1.2.1)

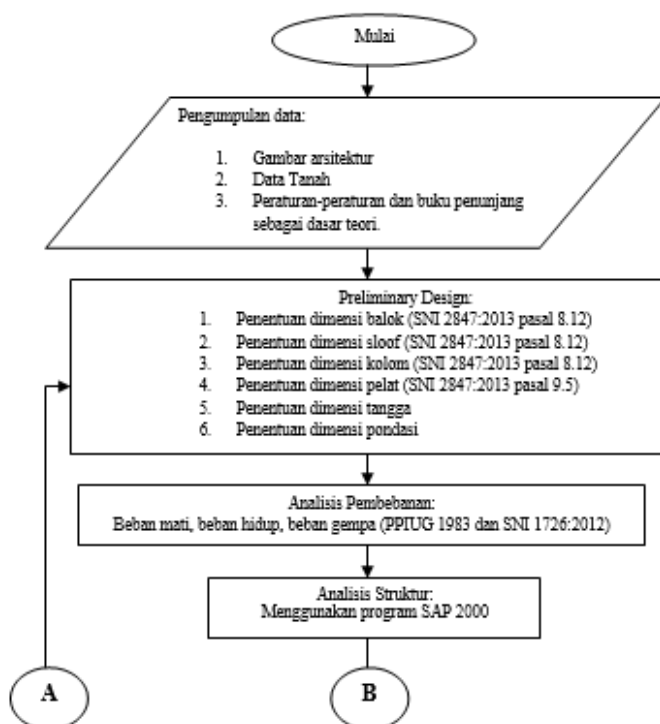
\*Halaman ini sengaja dikosongkan\*

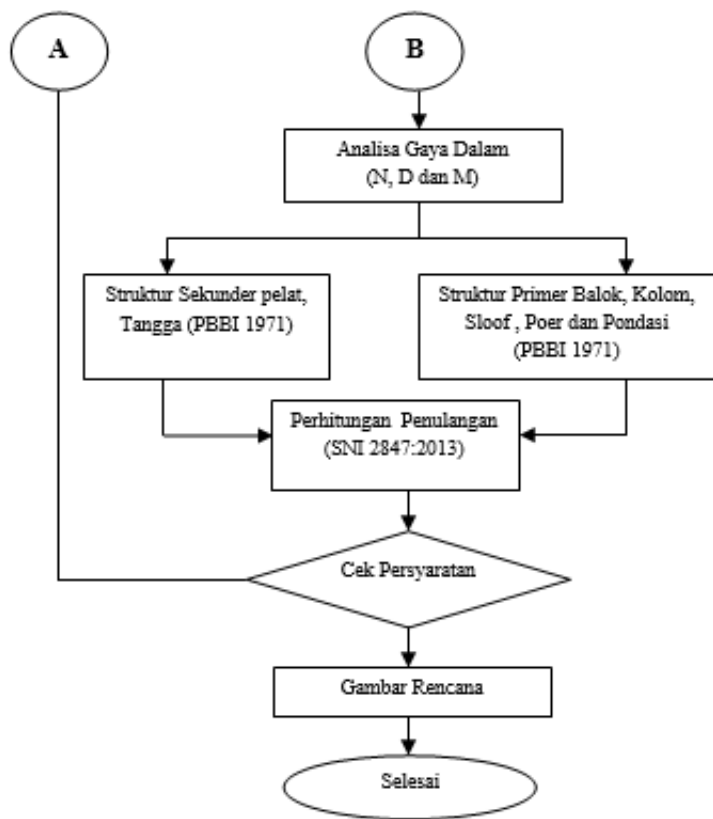


## BAB III

### METODOLOGI

Langkah-langkah dalam Perhitungan Struktur Gedung Psikologi Universitas Surabaya menggunakan metode Sistem rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah sebagai berikut:





*Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi*

### 3.1 PENGUMPULAN DATA

#### 1. Data Gambar

Pengumpulan gambar rencana diperoleh gambar arsitektur berupa denah dan tampak bangunan. Dimana nantinya gambar rencana tersebut digunakan untuk menentukan dimensi komponen komponen struktur gedung.

#### 2. Data Tanah

Data tanah diperoleh dari laboratorium tanah kampus Diploma Teknik Sipil FTSP ITS. Data tanah berupa data boring log daerah ngagel yang akan digunakan dalam perencanaan struktur pondasi dan tiang pancang.

#### 3. Literatur dari beberapa sumber

Sumber dan literatur berasal dari peraturan-peraturan dan buku penunjang lain sebagai landasan teori diantaranya:

- a. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)
- b. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)
- c. SNI 1729-2015 (Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural)
- d. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) 1983
- e. Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971.

### 3.2 PRELIMINARY DESIGN

Preliminary design adalah tahapan analisis memperkirakan dimensi struktur awal yang selanjutnya dilakukan perhitungan dengan bantuan aplikasi komputer untuk memperoleh dimensi yang efisien dan kuat. Preliminary desain diantaranya untuk struktur balok, kolom, pelat.

1. Penentuan Dimensi Balok

Perencanaan lebar efektif balok sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 8.12

2. Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 8.10

3. Penentuan Dimensi Pelat

- a. Perencanaan plat satu arah sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 9.5

- b. Perencanaan plat dua arah sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 9.5

- c. Analisa gaya pada plat sesuai dengan PBBI 1971

- d. Penulangan plat sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 7

- e. Penulangan susut pada suhu sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 7.12

- f. Penentuan Dimensi Atap SNI 1729-2015 (Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural)

### 3.3 ANALISA PEMBEBANAN

Perhitungan beban-beban yang bekerja pada struktur berdasarkan peraturan PPIUG 1983



## 1. Beban Pada Pelat Lantai

### a. Beban Mati

- Berat Sendiri plat lantai
- Berat plafond beserta penggantung
- Berat Pemasangan pemipaan air bersih, air kotor, dan listrik
- Berat keramik
- Berat Spesi

### b. Beban Hidup

Beban Hidup diambil menurut fungsi bangunan tersebut (PPIUG 1983)

## 2. Beban Pada Plat Lantai Atap

### a. Beban Mati

- Berat Sendiri plat lantai
- Berat plafond beserta penggantung
- Berat Pemasangan pemipaan

### b. Beban Hidup

Beban pelaksana (pekerja)

## 3. Beban Pada Tangga dan Bordes

### a. Beban Mati

- Berat sendiri tangga dan bordes
- Berat pegangan tangga
- Berat keramik dan spesi

### b. Beban Hidup

Beban hidup tangga dan bordes diambil menurut fungsi gedung tersebut.

## 4. Beban Gempa

- a. Analisa beban gempa
- b. Perhitungan gaya gempa menggunakan metode statik ekuivalen
- c. Input gaya menggunakan program bantu SAP 2000

### 3.4 ANALISIS STRUKTUR

Struktur bangunan yang dianalisis dalam perencanaan bangunan Gedung Psikologi Universitas Surabaya (UBAYA) ini diantaranya:

1. Struktur Primer : Sloof, balok, dan kolom
2. Struktur Sekunder : Pelat, dan tangga
3. Struktur Atas : Gording, Kuda-Kuda
4. Struktur Pondasi : Poer dan tiang pancang

### 3.5 ANALISA GAYA DALAM

Nilai gaya dalam diperoleh dari bantuan program analisa struktur dengan kombinasi pembebanan sebagai berikut :

1.  $1,4 D$
2.  $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R)$
3.  $1,2 D + 1,0 L + 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R)$
4.  $0,9 D + 1,6 W$
5.  $1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$
6.  $0,9 D + 1,0 E$

### 3.6 PERHITUNGAN PENULANGAN

Penulangan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 dengan memperhatikan standar penulangan balok, kolom, dan pondasi data acuan yang digunakan

adalah data-data yang diperoleh dari output program bantu SAP 2000.

1. Momen (  $M$  ), Gaya Geser (  $V$  ), Momen Torsi (  $T$  ), dan Nilai Gaya Aksial (  $P$  ) di dapat dari output SAP 2000. Kemudian dihitung kebutuhan tulangan pada kolom, balok, dan pondasi.
2. Perhitungan penulangan geser, lentur, dan puntir pada semua komponen struktur utama.
3. Kontrol masing-masing perhitungan penulangan.
4. Penggambaran detail penulangan.

### 3.7 CEK PERSYARATAN

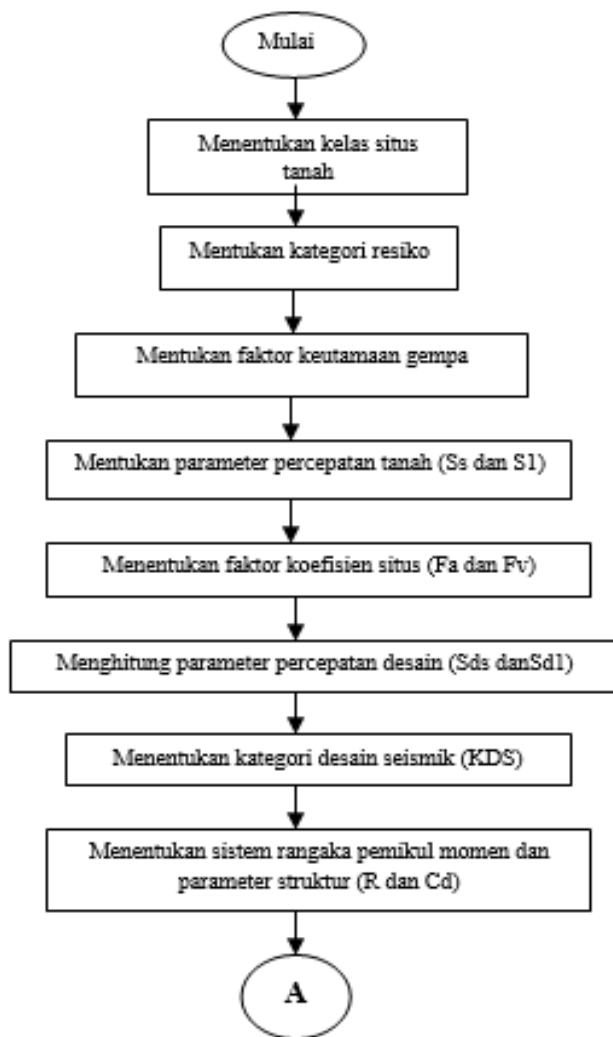
1. Pelat
  - a. Kontrol jarak spasi tulangan
  - b. Kontrol perlu tulangan susut
  - c. Kontrol jarak tulangan susut
  - d. Kontrol Lendutan
  - e. Kontrol panjang penyaluran
2. Balok
  - a. Kontrol Kapasitas lentur balok menurut SRPMM
  - b. Kontrol kapasitas geser balok menurut SRPMM
  - c. Kontrol kapasitas torsi balok menurut SRPMM
3. Kolom
  - a. Kontrol kemampun kolom
  - b. Kontrol momen yang terjadi  $M_n$  pasang  $\geq M_n$
4. Poer
  - a. Kontrol dimensi poer

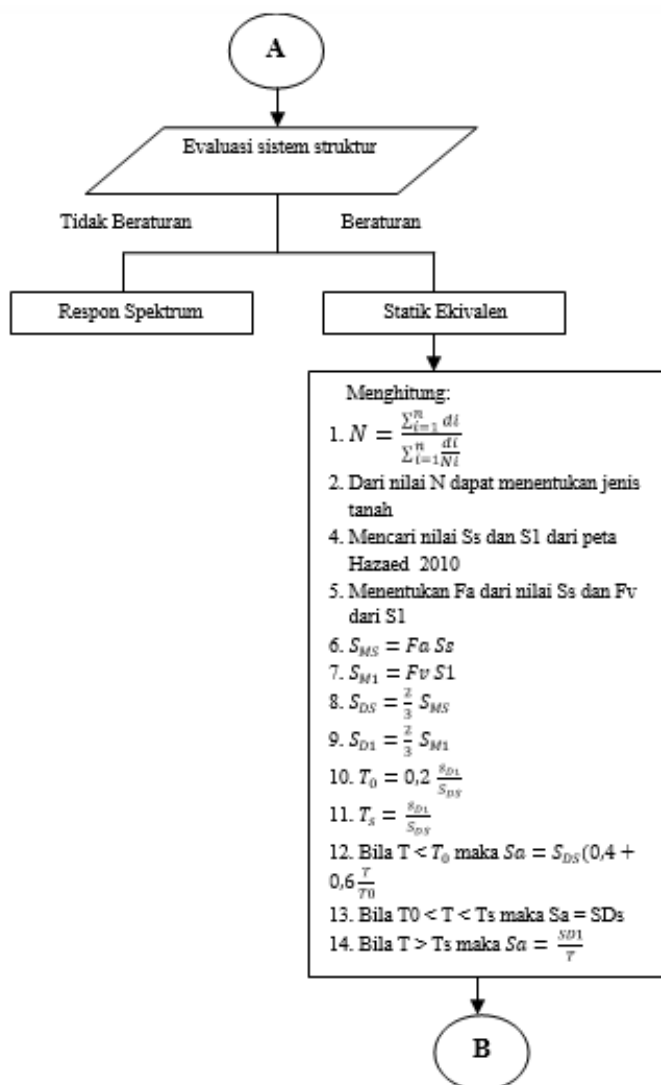
### 3.8 KONTROL GESER POER

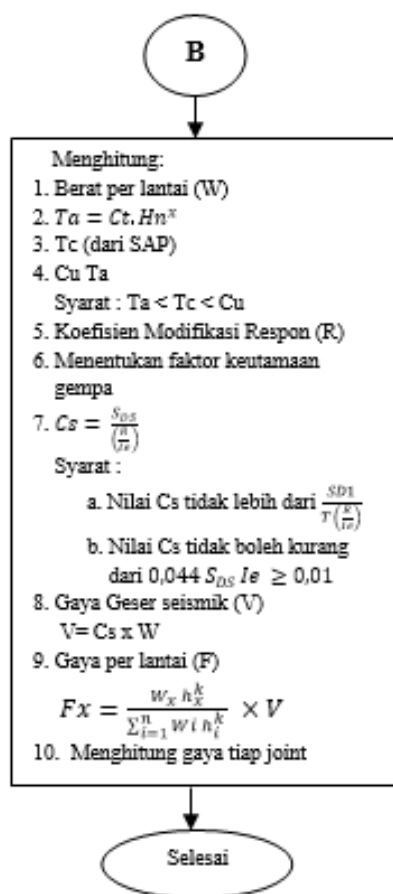
1. Gambar Arsitektur
  - a. Gambar Denah
  - b. Gambar tampak
2. Gambar Struktur
  - a. Gambar Balok
  - b. Gambar Kolom
  - c. Gambar Sloof dan Pondasi
  - d. Gambar Denah Atap
  - e. Gambar Potongan
    - Potongan Memanjang
    - Potongan Melintang
  - f. Gambar Penulangan
    - Gambar penulangan plat
    - Gambar penulangan tangga
    - Gambar penulangan balok
    - Gambar penulangan kolom
    - Gambar penulangan sloof
    - Gambar penulangan poer dan pondasi
  - g. Gambar Detail
    - Gambar detail panjang penyaluran
    - Gambar detail pondasi dan poer
    - Detail Sambungan

### 3.9 DIAGRAM ALUR

#### 3.9.1 Diagram Gempa

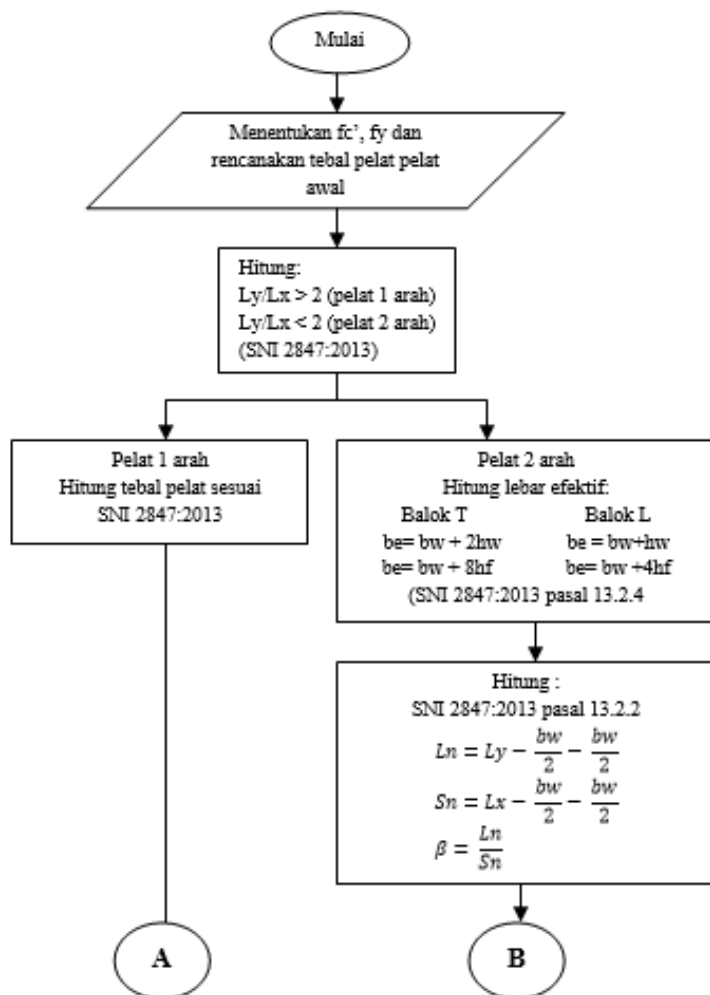






Gambar 3. 2 FlowChart Gempa

### 3.9.2 Diagram Plat





A

B

Hitung faktor modifikasi k:  
(Wang, C. Salmon jilid 1 hal 131 pers 16.4.2b)  
SNI 2847:2013 pasal 13.2.2

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

Momen Inersia balok pada penampang pelat  
(Wang, C. Salmon jilid 1 hal 131 pers 16.4.2a)

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times (r)^3$$

Ratio kekakuan balok terhadap pelat:  
(SNI 2847:2013 pasal 9.5.3)

$$\alpha = \frac{E_c I_b \text{ balok}}{E_c I_p \text{ pelat}}$$

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \alpha_1 + \dots + \alpha_n$$

Menentukan tebal pelat

(SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3)

Apabila  $am \leq 2$  menggunakan persamaan:

Harus memenuhi SNI 2847:2013 tabel 9.5(c)

Tanpa panel drop >125 mm

Dengan panel drop >100 mm

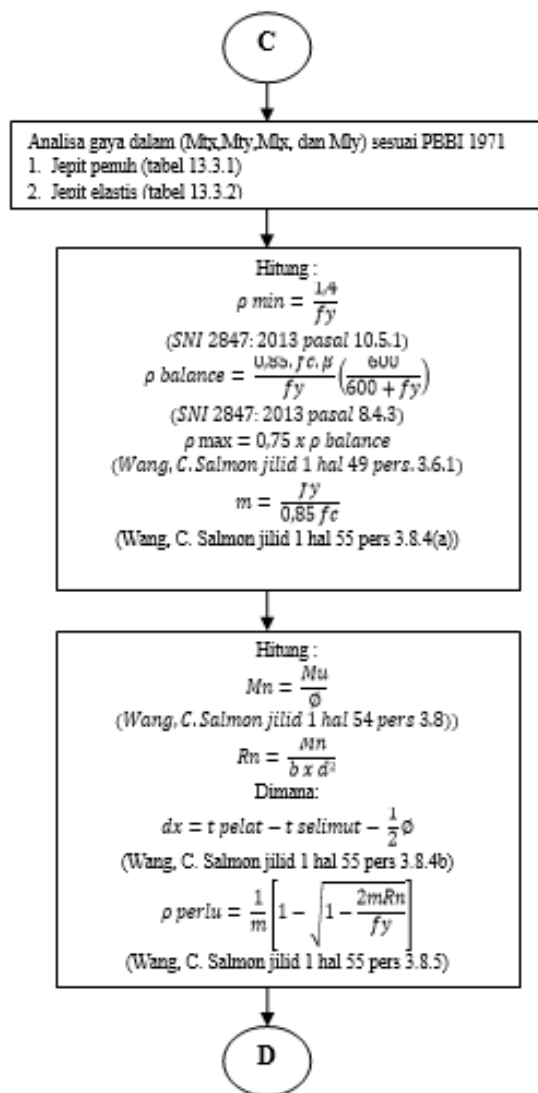
Apabila  $am \geq 2$  menggunakan persamaan:

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{I_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

Dan tidak kurang dari 90mm

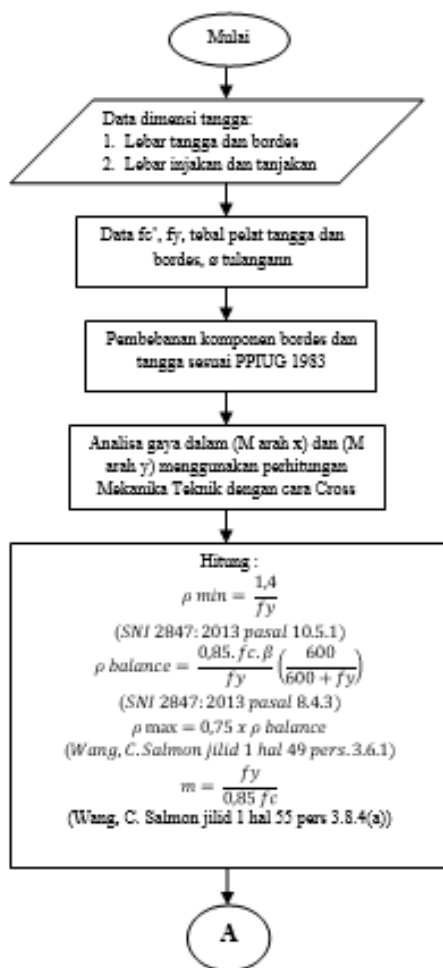
Pembebanan komponen pelat sesuai  
PPIUG 1983

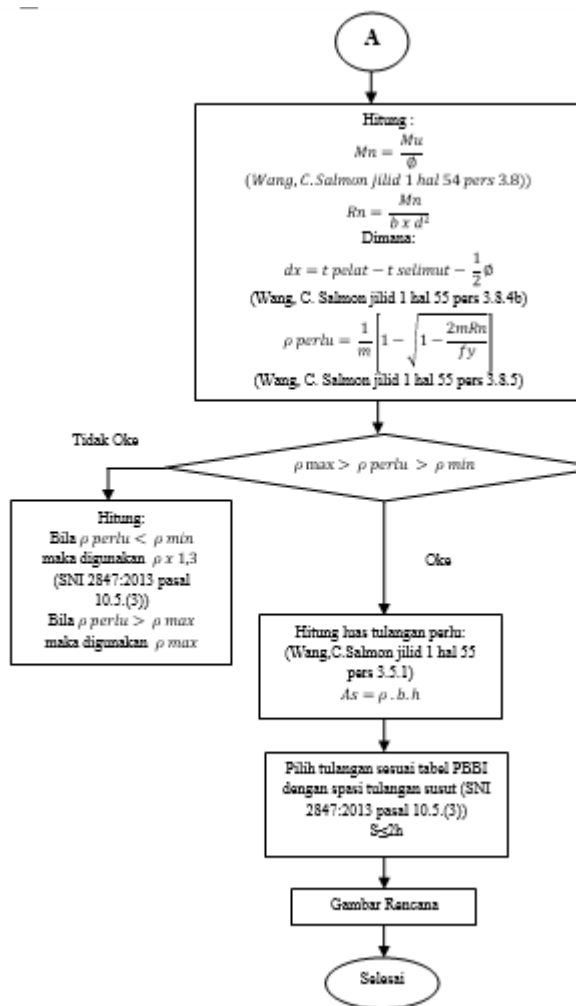
C



Gambar 3. 3 FlowChart Penulangan Pelat

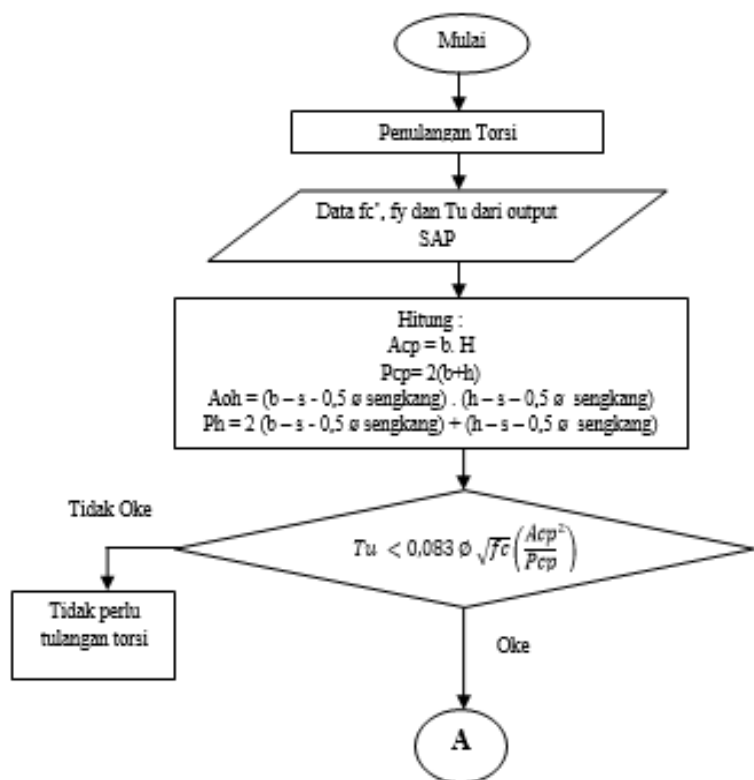
### 3.9.3 Diagram Tangga

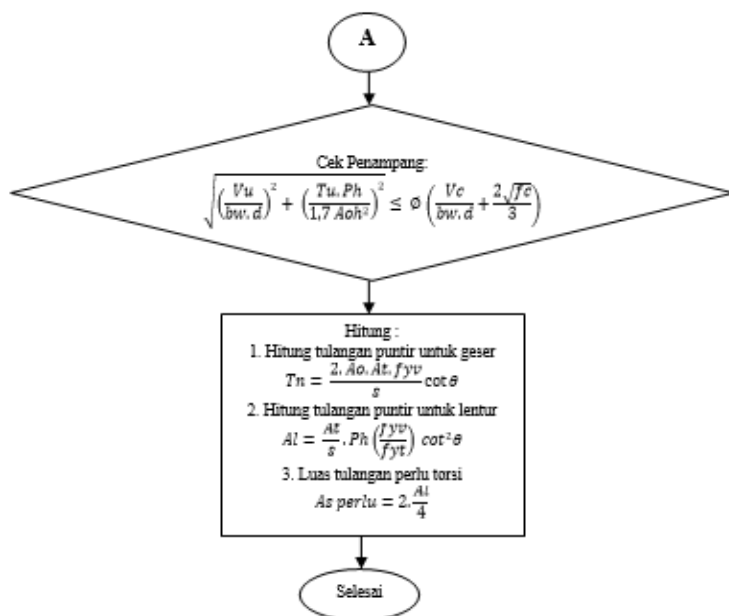




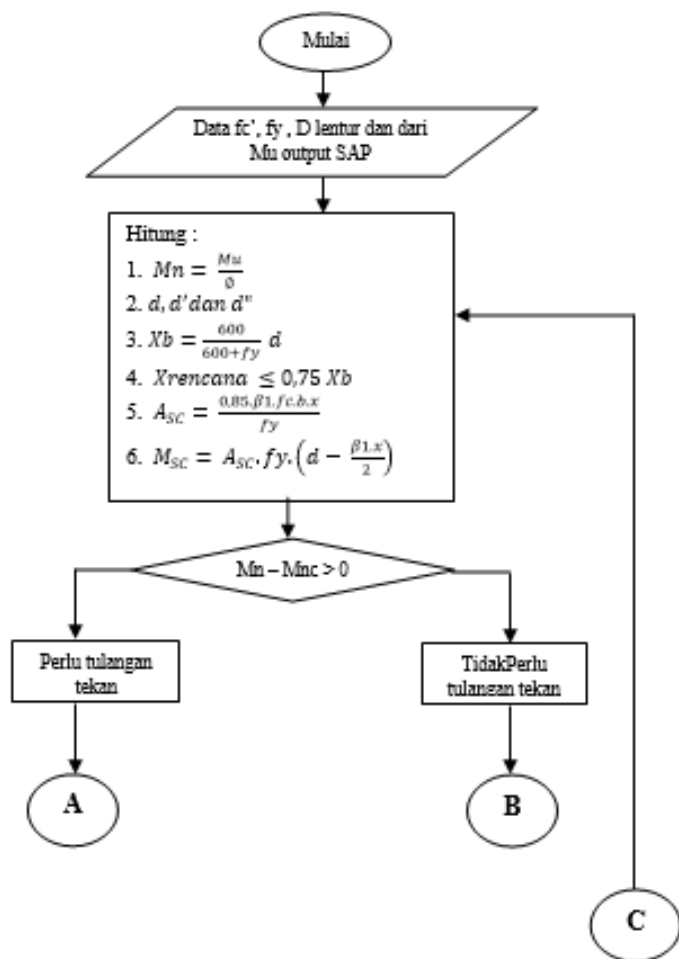
Gambar 3. 4 Flowchart Penulangan Tangga

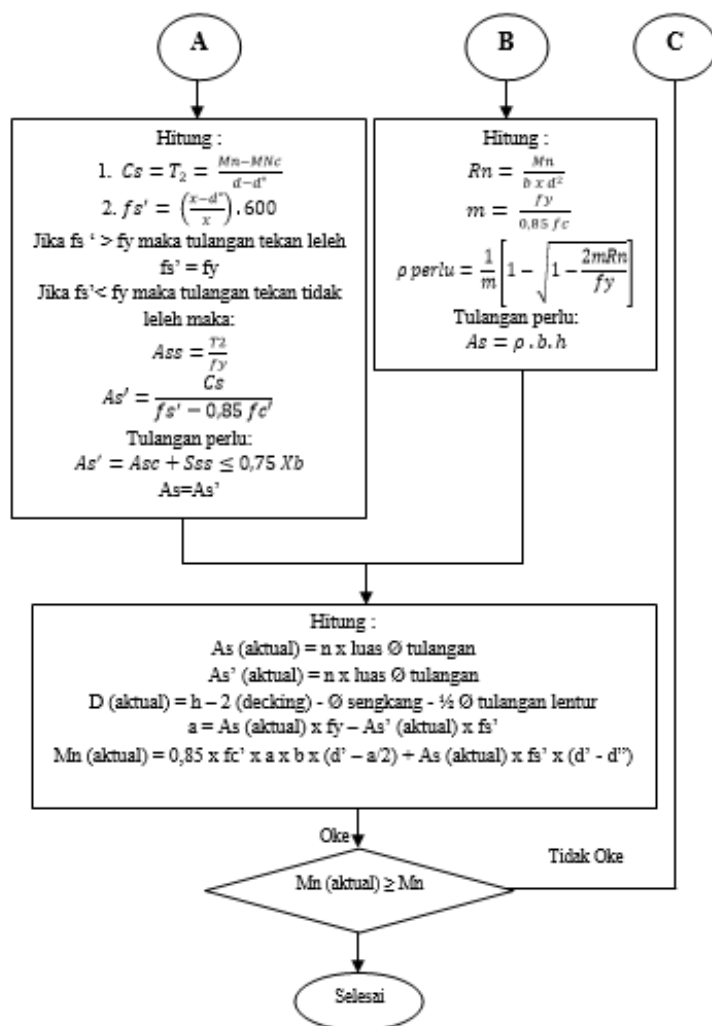
### 3.9.4 Diagram Balok





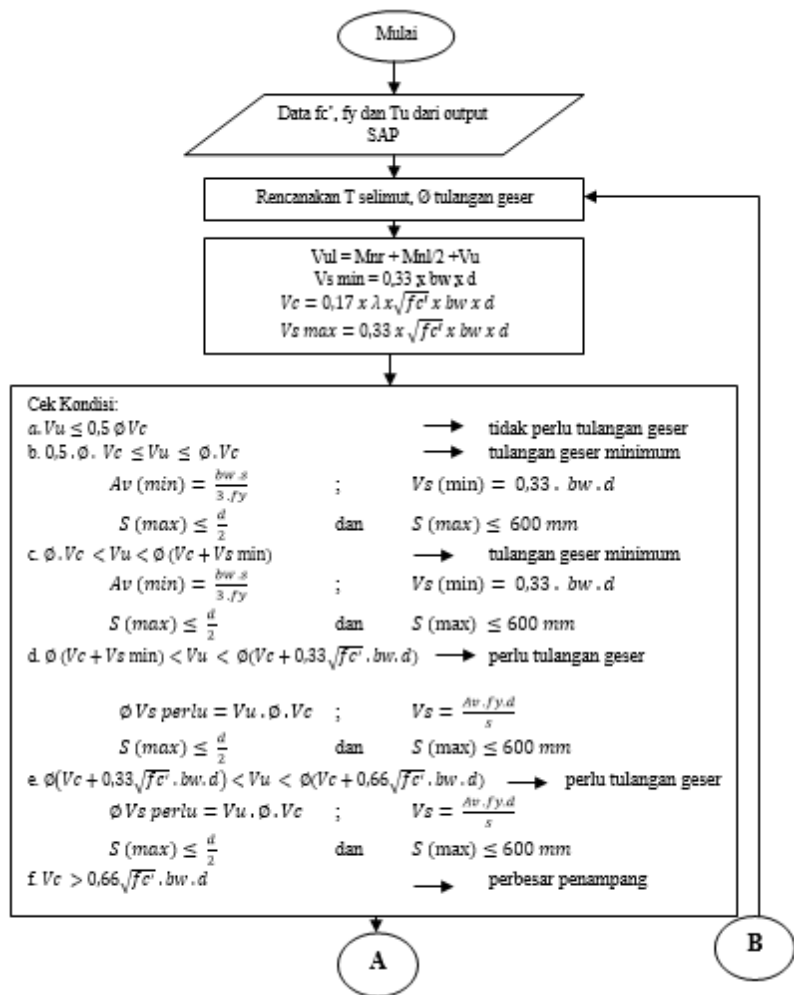
Gambar 3. 5 FlowChart Penulangan Lentur Torsi

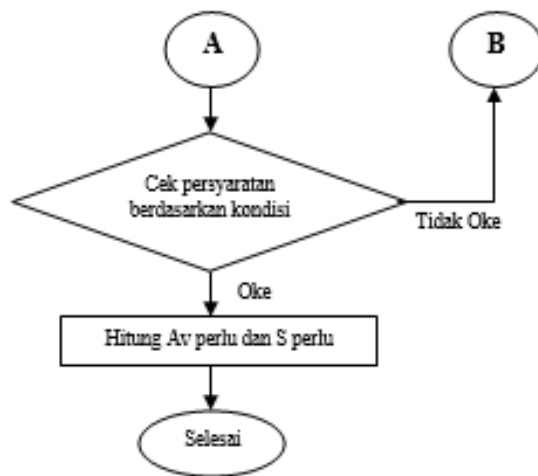




Gambar 3. 6 FlowChart Penulangan Balok Lentur

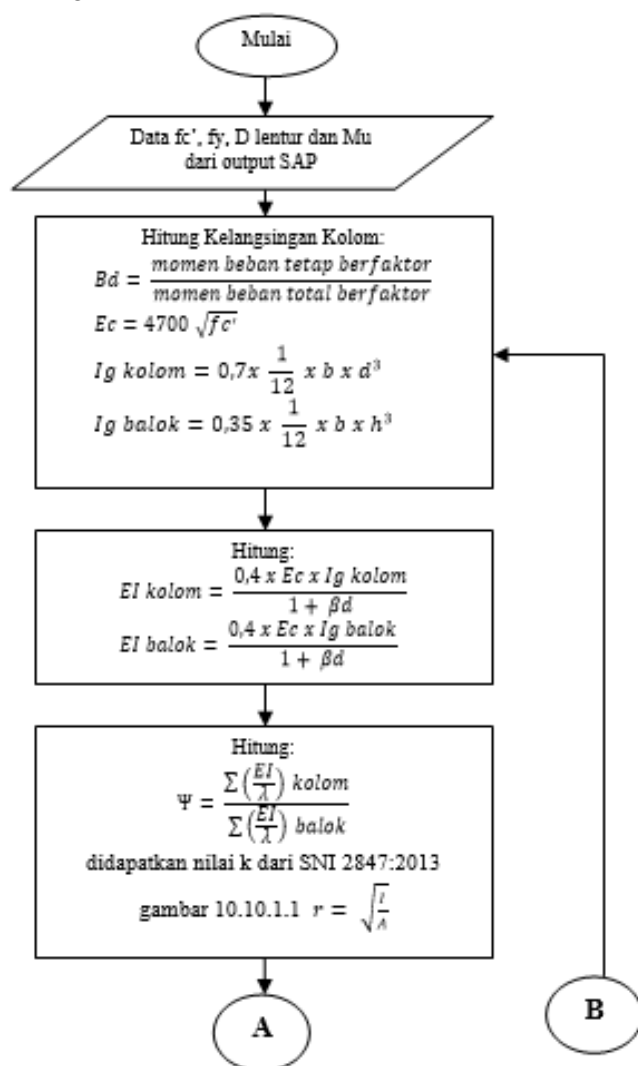


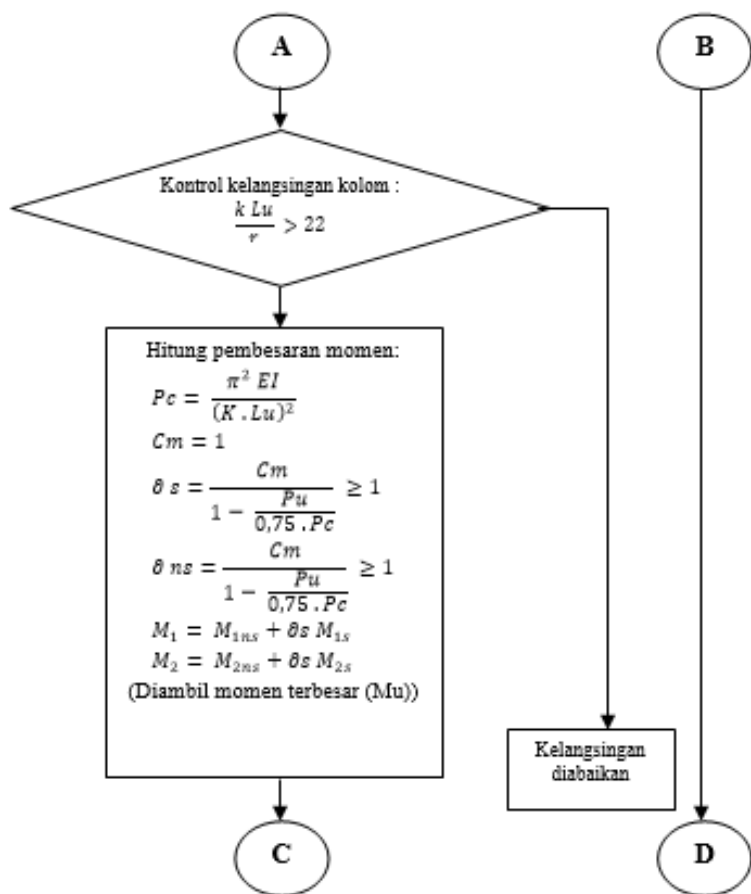


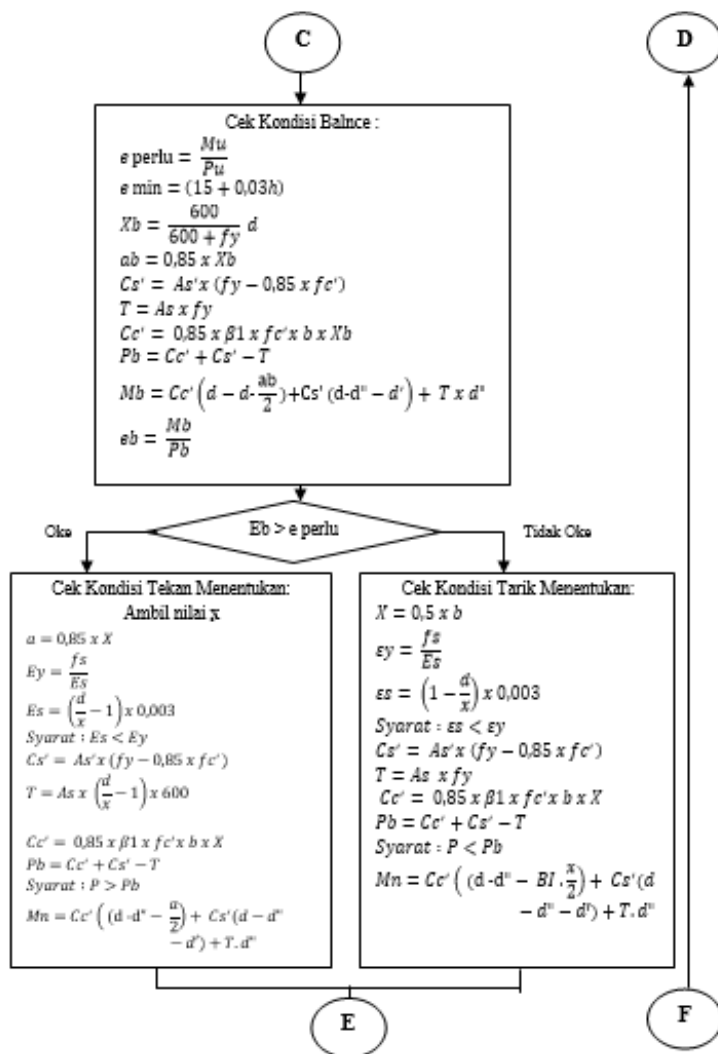


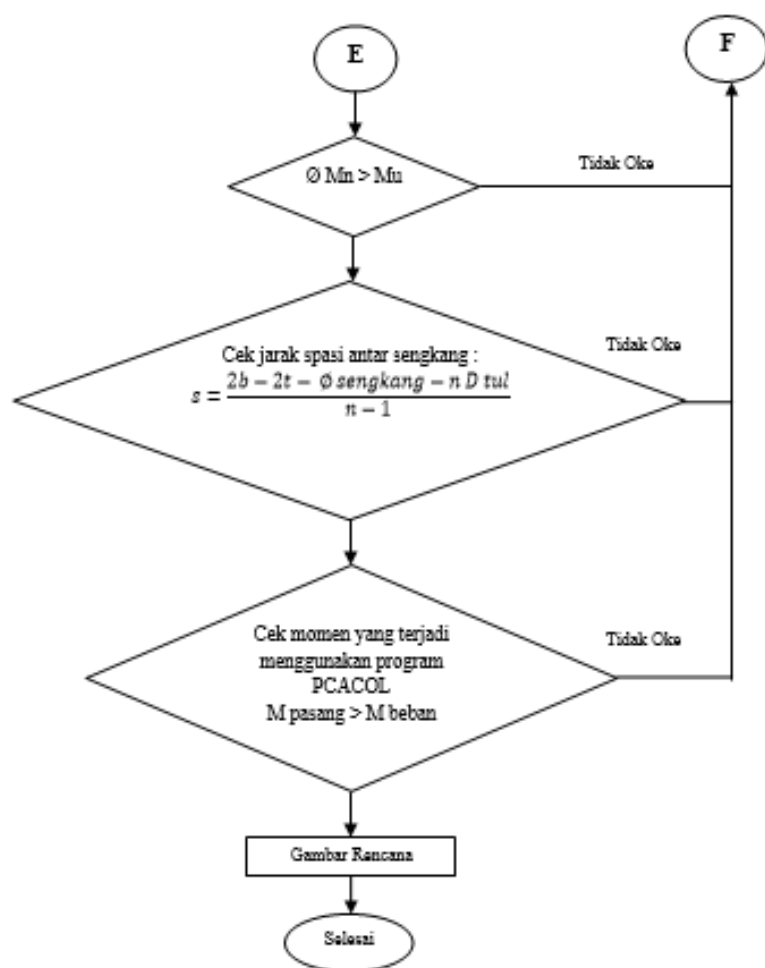
*Gambar 3. 7 Flowchart Balok Geser*

### 3.9.5 Diagram Kolom

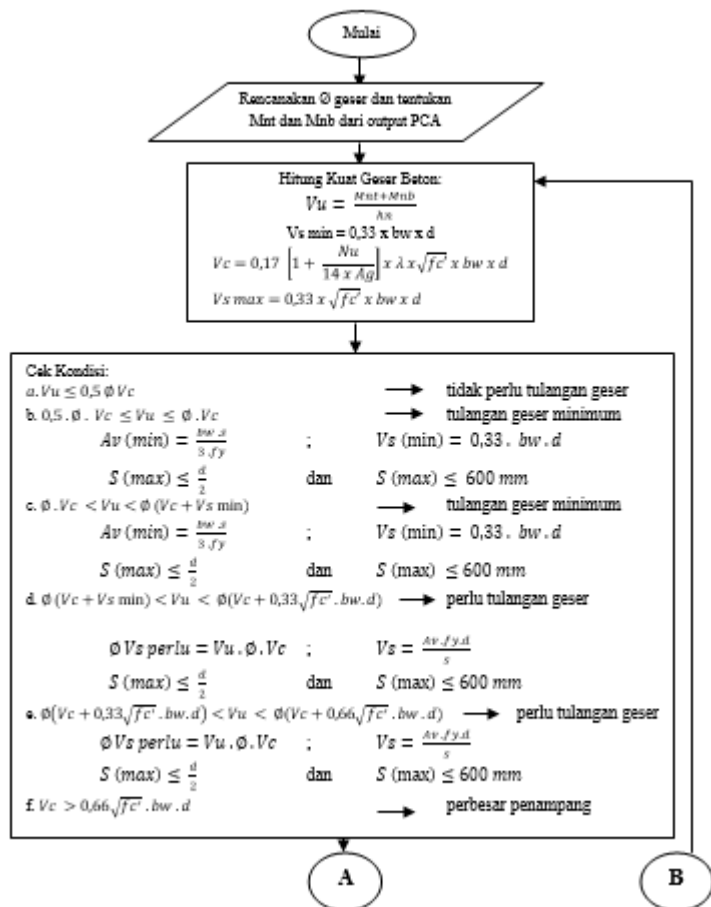


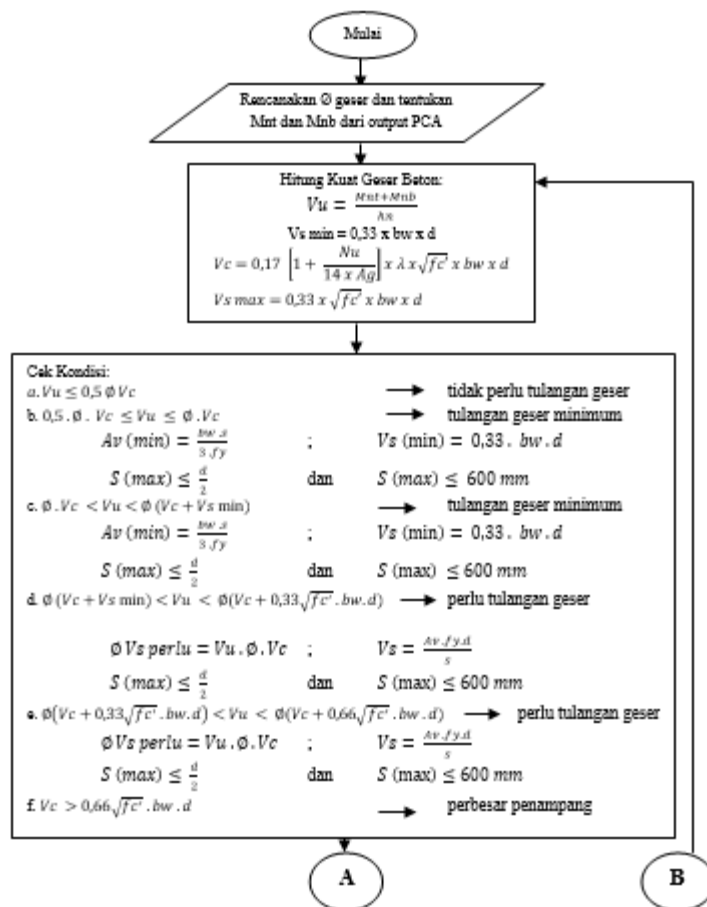




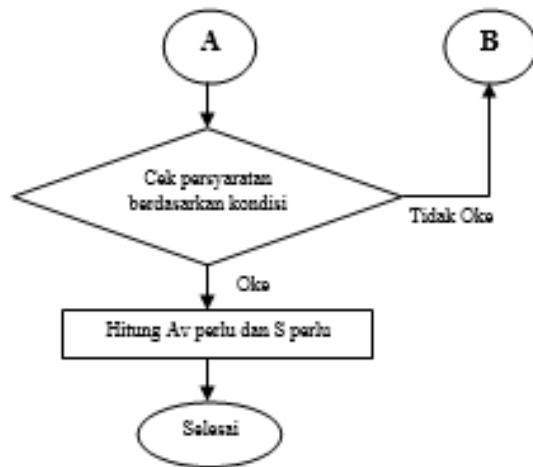


Gambar 3. 8 Flowchart Penulangan Lentur Kolom



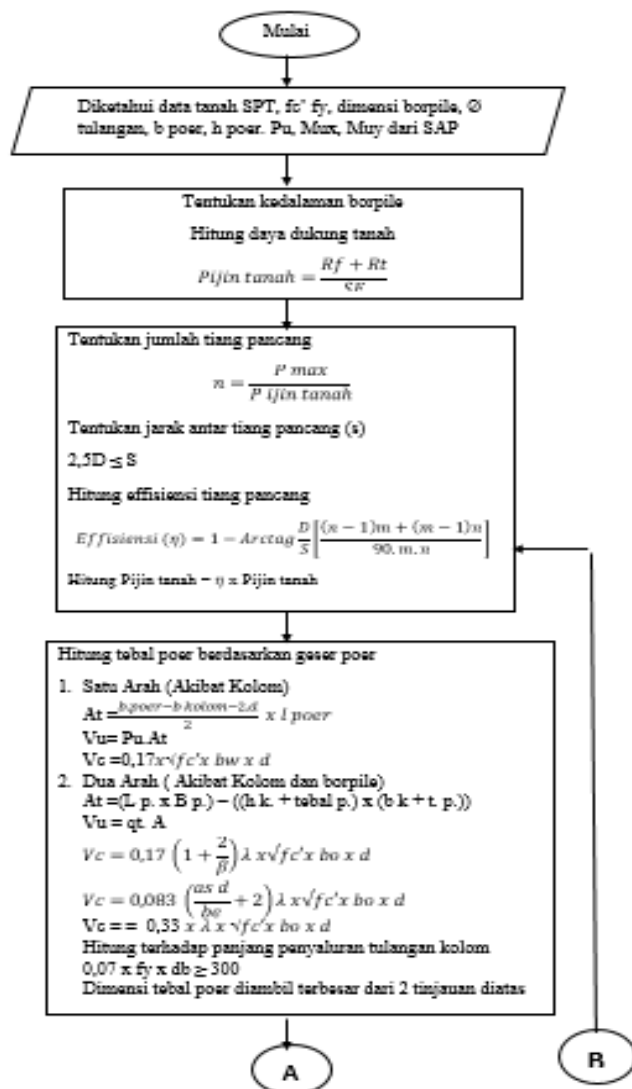


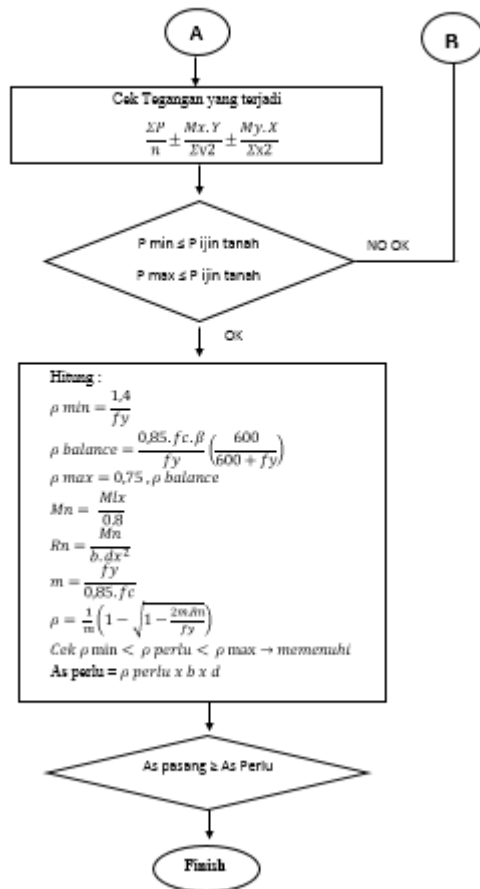




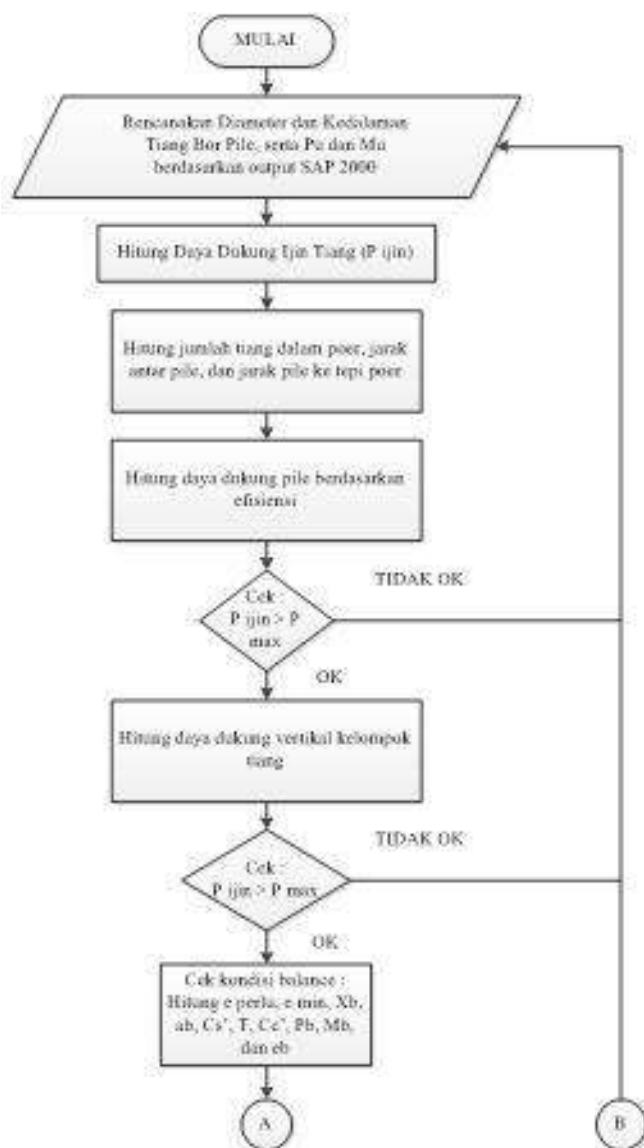
*Gambar 3. 9 FlowChart Penulangan Geser Kolom*

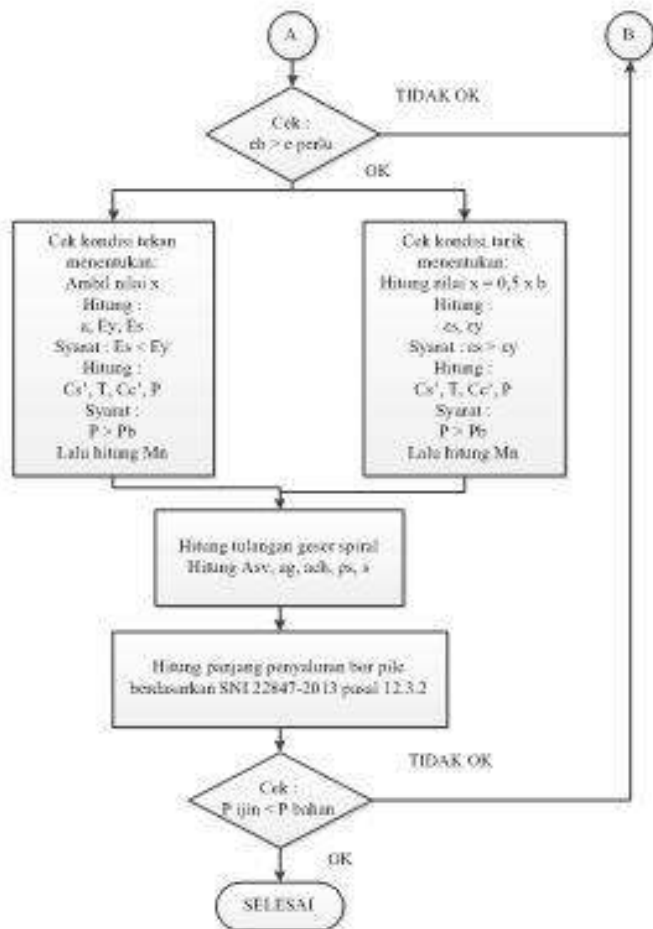
### 3.9.6 Diagram Pondasi Borpile Dan Poer





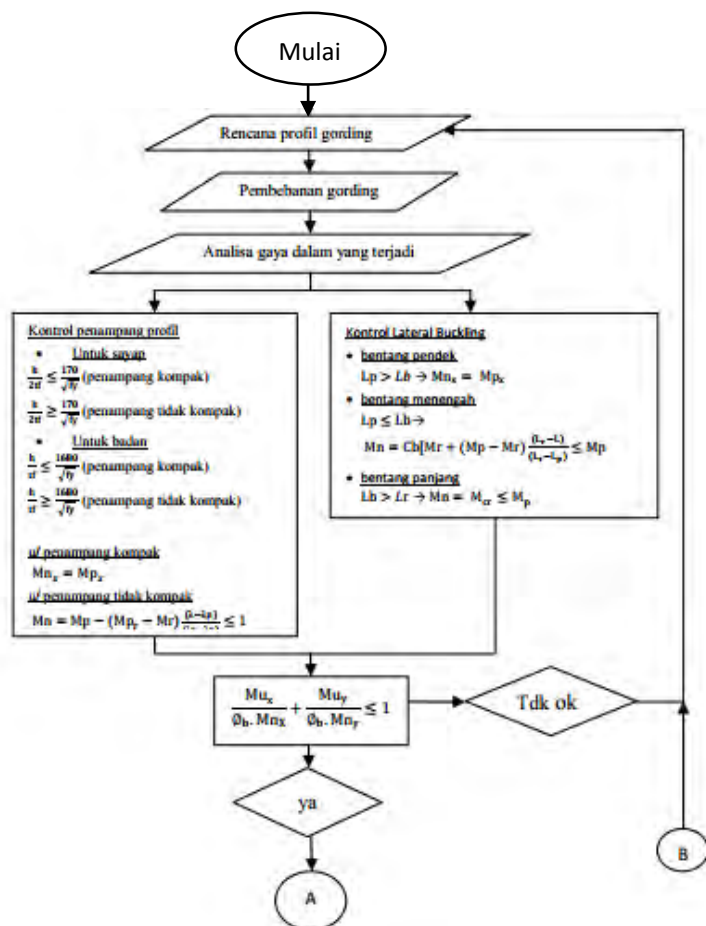
Gambar 3. 10 FlowChart Penulangan Pondasi

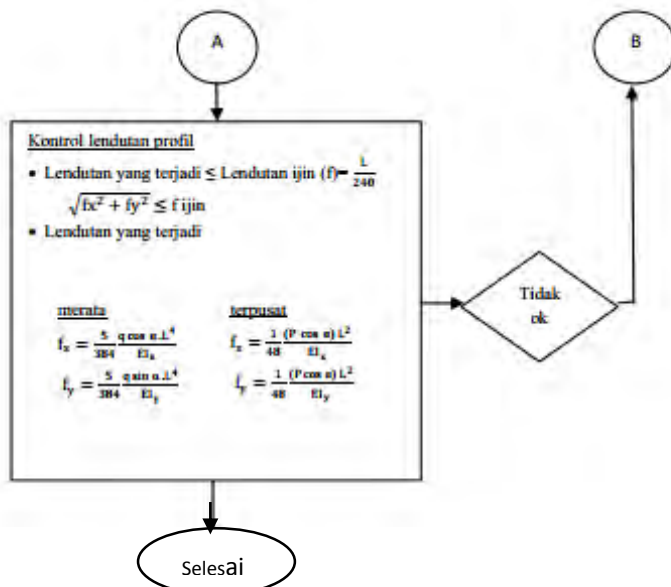




Gambar 3. 11 Flowchart Penulangan Borpile

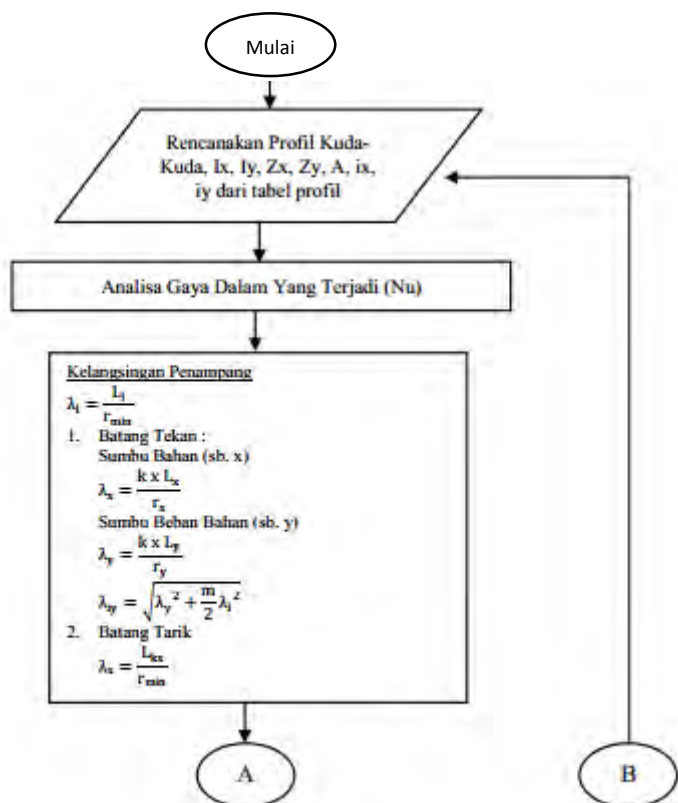
### 3.9.7 Diagram Perhitungan Gording



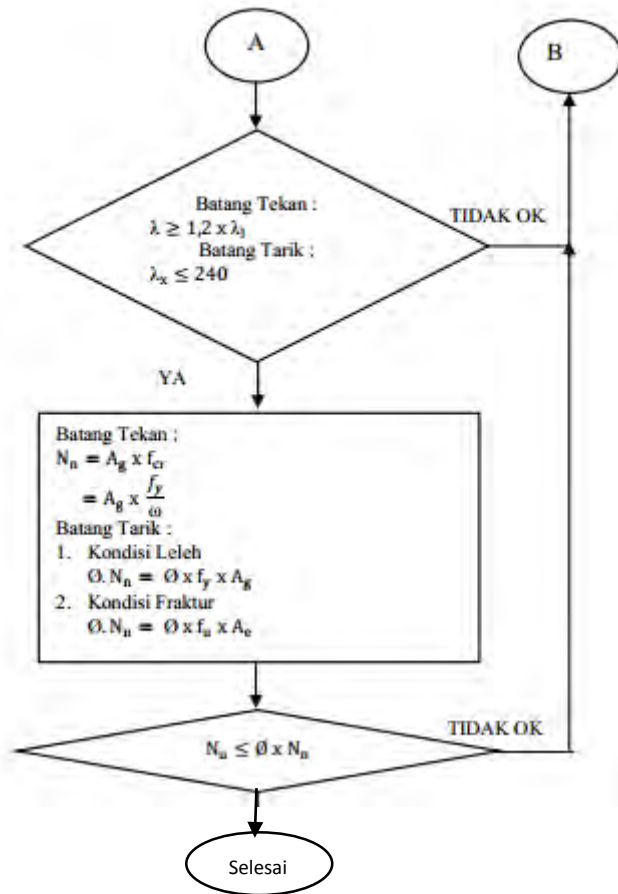


Gambar 3. 12 Flowchart Gording

### 1.9.8 Diagram perhitungan kuda-kuda







Gambar 3. 13 Flowchart Kuda-Kuda

\*Halaman ini sengaja dikosongkan\*

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 PERENCANAAN DIMENSI STRUKTUR

Sebelum merencanakan struktur bangunan gedung Universitas Surabaya, langkah awal yang perlu diketahui yaitu menentukan dimensi struktur-struktur utama yang digunakan dalam perencanaan bangunan tersebut.

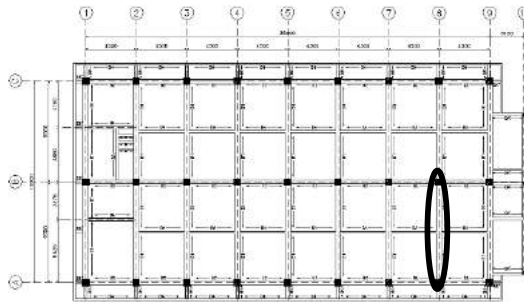
##### 4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

Dalam bentuk laporan perhitungan dimensi balok, cukup ditinjau satu tipe balok yang mempunyai bentang terpanjang. Adapun data-data perencanaan, gambar denah, ketentuan, perhitungan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi balok dalam perencanaan dimensi struktur gedung Universitas Surabaya adalah sebagai berikut :

##### A. Balok Induk (BI 1)

Data-Data perencanaan :

- Tipe balok : BI 1
- As balok : 8 (A-B)
- Bentang balok ( $L_{balok}$ ) : 900 cm
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400



Gambar 4. 1 Balok Induk 1 yang ditinjau

Perhitungan perencanaan :

$$h \geq \frac{L}{14}$$

$$b \geq \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{900}{14}$$

$$b \geq \frac{2}{3} \times 65$$

$$h \geq 64,28$$

$$b \geq 43,3$$

$$h \approx 65$$

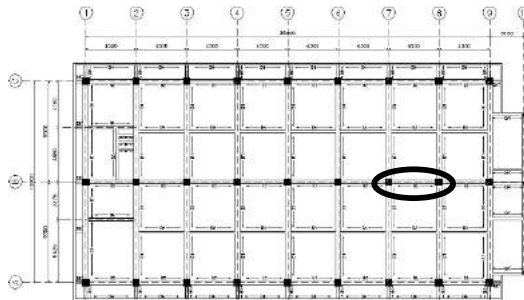
$$b \approx 45$$

Maka direncanakan dimensi balok Induk melintang dengan ukuran 45/65

#### B. Balok Induk (BI 2)

Data-Data perencanaan :

- Tipe balok : BI 2
- As balok : B (7-8)
- Bentang balok ( $L_{balok}$ ) : 450 cm
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400



*Gambar 4. 2 Balok Induk 2 yang ditinjau*

Perhitungan perencanaan :

$$h \geq \frac{L}{14} \qquad b \geq \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{450}{14} \qquad b \geq \frac{2}{3} \times 35$$

$$h \geq 32,14 \qquad b \geq 23,33$$

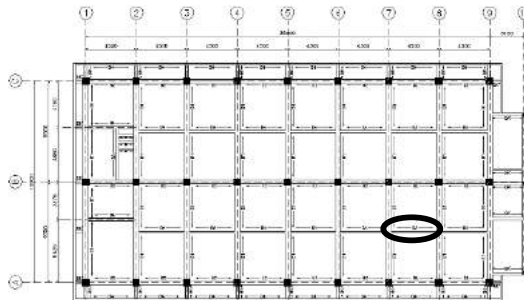
$$h \approx 45 \qquad b \approx 30$$

Maka direncanakan dimensi balok Induk memanjang dengan ukuran 30/45.

### C. Balok Anak (BA)

Data-Data perencanaan :

- Tipe balok : BA
- As balok : A'(7-8)
- Bentang balok ( $L_{balok}$ ) : 450 cm
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400



Gambar 4. 3 Balok Anak yang ditinjau

Perhitungan perencanaan :

$$h \geq \frac{L}{21}$$

$$b \geq \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{450}{21}$$

$$b \geq \frac{2}{3} \times 25$$

$$h \geq 21,4$$

$$b \geq 16,67$$

$$h \approx 40$$

$$b \approx 20$$

Maka direncanakan dimensi balok Anak dengan ukuran 20/40

#### 4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Adapun data-data perencanaan, gambar denah, ketentuan, perhitungan dan hasil akhir gambar

Perencanaan dimensi kolom adalah sebagai berikut:

##### A. Kolom (K)

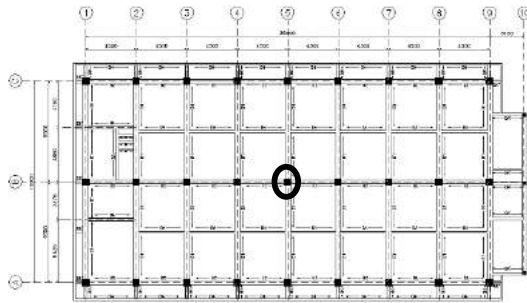
Data Perencanaan :

- Tipe Kolom : K
- Tinggi kolom (Hkolom) : 396

- Bentang Balok (Lbalok) : 900
- Dimensi Balok (b) : 50
- Dimensi Balom (h) : 75

Ketentuan Perencanaan

$$\frac{l_{kolom}}{H_{kolom}} \geq \frac{l_{balok}}{L_{balok}}$$



Gambar 4. 4 Kolom yang ditinjau

Perhitungan Perencanaan

$$\frac{\frac{1}{12} x b x h^3}{H_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} x b x h^3}{L_{balok}}$$

dimana h= b

$$\frac{\frac{1}{12} x h^4}{H_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} x b x h^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} x h^4}{396} \geq \frac{\frac{1}{12} x 45 x 65^3}{900}$$

$$h = 48,28 \approx 60$$

$$b=h=60$$

Maka direncanakan dimensi kolom dengan ukuran 60 x 60

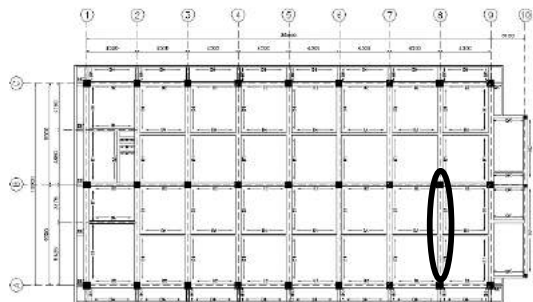
#### 4.1.3 Perencanaan Dimensi Sloof

Adapun data – data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi sloof adalah sebagai berikut :

##### A. Balok Induk (S1)

Data-Data perencanaan :

- Tipe sloof : S1
- As sloof : 8 (A-B)
- Bentang sloof (Lsloof) : 900 cm
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400



*Gambar 4. 5 Sloof 1 yang Ditinjau*

Perhitungan perencanaan :

$$h \geq \frac{L}{14}$$

$$h \geq \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{900}{14}$$

$$h \geq \frac{2}{3} \times 65$$



$$h \geq 64,2$$

$$h \geq 43,33$$

$$h \approx 65$$

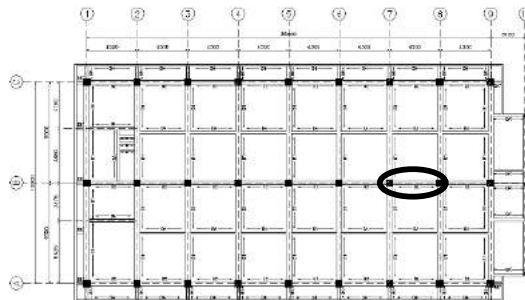
$$h \approx 45$$

Maka direncanakan dimensi sloof melintang 45/65

## B. Sloof (S2)

Data-Data perencanaan :

- Tipe sloof : S2
- As sloof : B (7-8)
- Bentang sloof (Lsloof) : 450 cm
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400



Gambar 4. 6 Sloof 2 yang ditinjau

Perhitungan perencanaan :

$$h \geq \frac{L}{14}$$

$$h \geq \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{450}{14}$$

$$h \geq \frac{2}{3} \times 35$$

$$h \geq 32,14$$

$$h \geq 23,3$$

$$h \approx 35$$

$$h \approx 25$$

Maka direncanakan dimensi bal dengan ukuran 30/45.

Kesimpulan :

Dari hasil perhitungan perencanaan diatas, maka dapat disimpulkan gedung tersebut menggunakan struktur degan dimensi sebagai berikut :

A. Balok

1. Balok Induk (BI1) : 45/65
2. Balok Induk (BI2) : 30/45
3. Balok Anak (BA ) : 20/40
4. Sloof (S1) : 45/65
5. Sloof (S2) : 30/45

B. Kolom

1. Kolom 1 : 60/60

#### 4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat

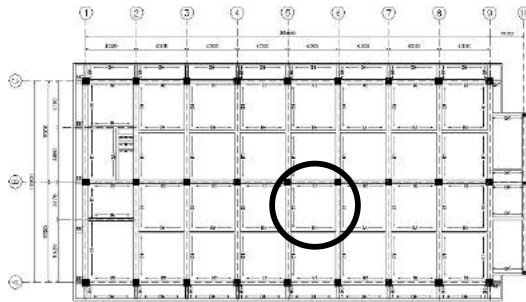
Dalam bentuk laporan perhitungan dimensi pelat, cukup ditinjau satu tipe pelat yang mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang terbesar. Namun tipe pelat lain yang disesuaikan dengan rasio bentangnya dapat disajikan dalam bentuk tabel.

Adapun data– data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi Pelat Lantai 1 tipe T adalah sebagai berikut :

Data Perencanaan :

- Type pelat : A
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan ( $f_y$ ) : 400MPa

- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang : 450
- Bentang pelat sumbu pendek : 450
- Balok 1 : 45/65
- Balok 2 : 45/65
- Balok 3 : 30/45
- Balok 4 : 20/40



*Gambar 4. 7 Plat yang ditinjau*

Perhitungan Perencanaan :

- Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$Ln = Ly - \left( \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2} \right)$$

$$Ln = Ly - \left( \frac{30}{2} - \frac{45}{2} \right)$$

$$Ln = 425 \text{ cm}$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek :

$$S_n = Ly - \left( \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2} \right)$$

$$S_n = Ly - \left( \frac{45}{2} - \frac{45}{2} \right)$$

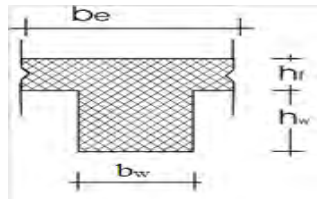
$$S_n = 405 \text{ cm}$$

- Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek

$$\beta_n = \frac{Ln}{S_n} = \frac{428}{405} = 1,0493$$

(Plat 2 Arah)

#### 1. Balok BA As A' (5-6) (20/40)



$$b_e = b_w + 2b_w \leq b_w + 8hf$$

$$b_{e1} = 20 + 2(40 - 12)$$

$$= 20 + 56$$

$$= 76$$

$$b_{e2} = b_w + 8hf$$

$$b_{e2} = 20 + (8 \times 12)$$

$$= 20 + 96$$

$$= 116$$

Pilih nilai terkecil antara be1 dan be2

$$b_{e1} = 76$$

Faktor Modifikasi

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{76}{20} - 1\right) x \left(\frac{12}{25}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{40}\right) + 4 \left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{76}{20} - 1\right) x \left(\frac{12}{40}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{76}{20} - 1\right) x \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$K = 1,140$$

Momen Inersia Penampang =

$$I_b = k \cdot bw \cdot \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$I_b = 1,140 \cdot 20 \cdot \left(\frac{40}{12}\right)^3$$

$$I_b = 121623,1884 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = bp \times \frac{t^3}{12}$$

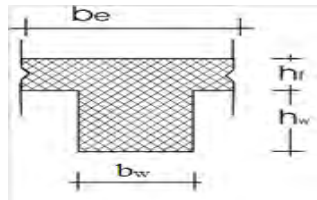
$$I_p = 0,5 \times (450+450) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 64800 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{121623,18}{64800} = 1,8769$$

2. Balok B2 As B(5-6) (30/45)



$$b_e = b_w + 2b_w \leq b_w + 8hf$$

$$b_{e1} = 30 + 2(45 - 12)$$

$$= 30 + 66$$

$$= 96$$

$$b_{e2} = b_w + 8hf$$

$$= 30 + (8 \times 12)$$

$$= 121$$

Pilih nilai terkecil antara  $b_{e1}$  dan  $b_{e2}$

$$b_{e2} = 96$$

Faktor Modifikasi

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{96}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{45}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{45}\right) + 4 \left(\frac{12}{45}\right)^2 + \left(\frac{71}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{45}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{71}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{45}\right)}$$

$$K = 1,1927$$

Momen Inersia Penampang =

$$I_b = k \cdot bw \cdot \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$I_b = 1,1927 \cdot 25 \cdot \left(\frac{45}{12}\right)^3$$

$$I_b = 271715,86$$

Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = bp \times \frac{t^3}{12}$$

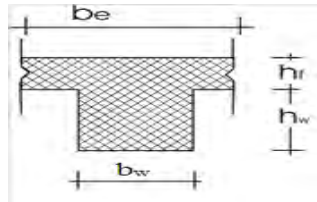
$$I_p = 0,5 \times (450+450) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 64800 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = 4,1931$$

3. Balok B1 Aa 5 (A'-B) (45/65)



$$b_e = b_w + 2b_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - t)$$

$$= 45 + 2(65-12)$$

$$= 45 + 106$$

$$= 151$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$= 45 + (8 \times 12)$$

$$= 45 + 96$$

$$= 141$$

Pilih nilai terkecil antara  $b_{e1}$  dan  $b_{e2}$

$$b_{e2} = 141$$

Faktor Modifikasi

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) x \left(\frac{12}{65}\right) x \left[4 - 6\left(\frac{12}{65}\right) + 4\left(\frac{12}{65}\right)^2 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) x \left(\frac{12}{65}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) x \left(\frac{12}{65}\right)}$$



$$K = 1,29418$$

Momen Inersia Penampang =

$$I_b = k \cdot b_w \cdot \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$I_b = 1,29418 \cdot 45 \cdot \left(\frac{65}{12}\right)^3$$

$$I_b = 133281,584$$

Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

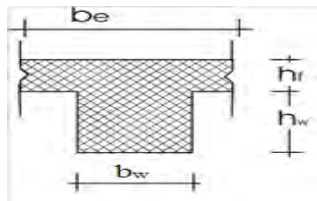
$$I_p = 0,5 \times (450+450) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 64800 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{133281,584}{64800} = 20,56808$$

4. Balok B1 Aa 6 (A'-B) (45/65)



$$b_e = b_w + 2b_w \leq b_w + 8hf$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - t)$$

$$= 45 + 2(65-12)$$

$$= 45 + 106$$

$$= 151$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$= 45 + (8 \times 12)$$

$$= 45 + 96$$

$$= 141$$

Pilih nilai terkecil antara be1 dan be2

$$b_{e2} = 141$$

Faktor Modifikasi

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) x \left(\frac{12}{65}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{65}\right) + 4 \left(\frac{12}{65}\right)^2 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) x \left(\frac{12}{65}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) x \left(\frac{12}{65}\right)}$$

$$K = 1,29418$$

Momen Inersia Penampang =

$$I_b = k \cdot bw \cdot \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$I_b = 1,29418 \cdot 45 \cdot \left(\frac{65}{12}\right)^3$$

$$I_b = 133281,584$$

Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = b p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 0,5 \times (450+450) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_p = 64800 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{133281,584}{64800} = 20,56808$$

❖ Rata-Rata rasio kekuatan 4 balok =

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} = 11,8015$$

(SNI 03-2847-2013 psl. 9.5.3.3(c))

$$t = l_n \times \left( \frac{0,8 + \frac{f_y}{1400}}{36 + 9\beta} \right) \geq 90mm$$

$$t = 415 \times \left( \frac{0,8 + \frac{400}{1400}}{36 + (9 \times 1,031)} \right) \geq 90mm$$

$$= 9,8355 \text{ cm} \leq 90mm$$

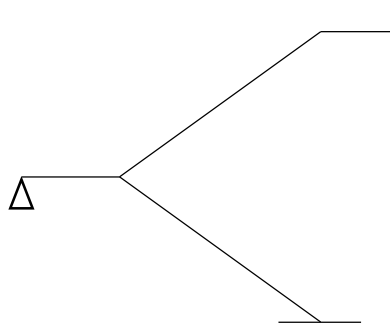
$$= 9,8355 \text{ mm} \leq 90mm$$

Maka Direncanakan pelat tebal 120 mm

#### 4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga

Permodelan struktur tangga ini menggunakan program SAP 2000. Adapun data-data yang di input adalah sebagai berikut:

1. Perletakan = jepit – sendi - jepit
2. Pembebanan = Dead Load (DL) dan Live Load (LL)
3. Kombinasi =  $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
4. Distribusi = (Uniform Shell Load) untuk semua beban DL dan LL sesuai dengan pembebanan tangga



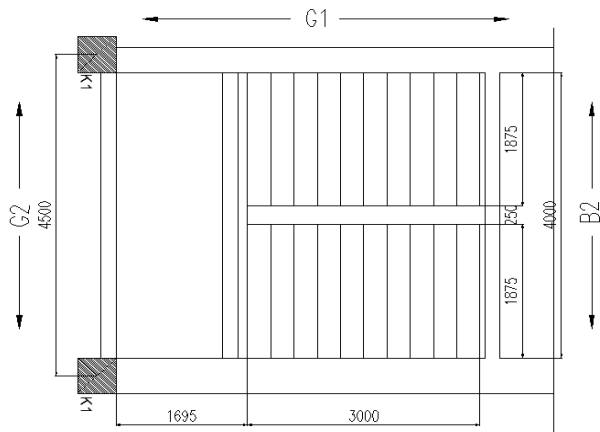
*Gambar 4. 8 Mekanika Perencanaan Tangga*

Dalam perencanaan ini, terdapat 3 macam tipe tangga yaitu tangga tipe 1, tangga tipe 2 dan tangga kebakaran. Elevasi tiap lantai mempunyai ketinggian yang berbeda. Berikut akan dibahas perencanaan dimensi tangga tipe 1 As ( $A - A''$ ; 1 – 2). Adapun data-data dan perhitungan tangga dan bordes menurut metode SRPMM adalah sebagai berikut:

#### Data-data perencanaan

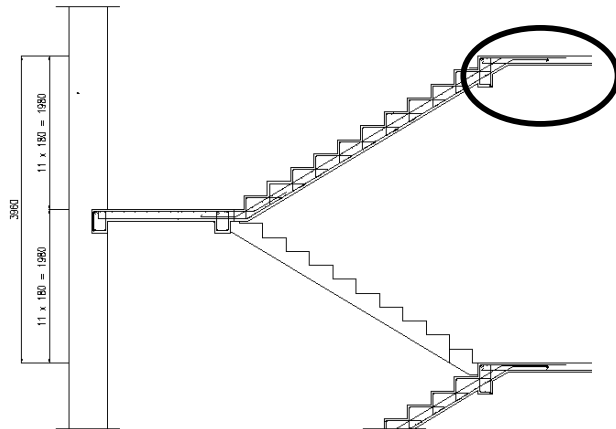
- Tipe tangga = Tipe 1
- Panjang datar tangga = 300 cm
- Tinggi tangga = 396 cm
- Tinggi plat bordes = 198 cm
- Tebal plat tangga = 15 cm
- Tebal plat bordes = 15 cm
- Lebar injakan = 30 cm
- Tinggi tanjakan = 18 cm

Gambar denah perencanaan



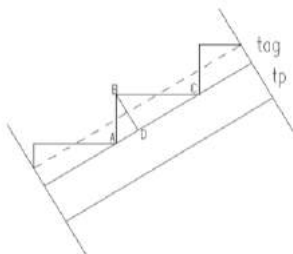
*Gambar 4. 9 Denah Tipe Tangga 1*

Perhitungan perencanaan



*Gambar 4. 10 Potongan Tangga*

- Panjang miring tangga  $= \sqrt{(300)^2 + (198)^2}$   
 $= 359,45 \text{ cm}$
- Panjang miring anak tangga



BC = 30 cm

AB = 18 cm

$$AC = \sqrt{30^2 + 18^2}$$

$$= 34,98 \text{ cm}$$

- Jumlah tanjakan (nt)

$$\text{Tinggi bordes} = 198 \text{ cm}$$

$$nt = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{tinggi tanjakan}} = \frac{396}{18} = 22 \text{ buah}$$

- Sudut Kemiringan Tangga

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \arctan \frac{18}{30}$$

$$\alpha = 30,96^\circ \approx 31^\circ$$

- Syarat Sudut Kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 31^\circ \leq 40^\circ \quad \rightarrow \text{Memenuhi}$$

- Tebal plat ekuivalen

$$\frac{BD}{AB} = \frac{BC}{AC}$$

$$BD = \frac{BC \times AB}{AC}$$

$$BD = \frac{30 \times 18}{34,98}$$

$$BD = 15,44$$

$$Tag = \frac{2}{3} \times BD$$

$$= \frac{2}{3} \times 15,44$$

$$= 10,29$$

$$\text{Maka tebal efektif pelat tangga} = 10,29 \approx 15 \text{ cm}$$

## 4.2 PERENCANAAN STRUKTUR ATAP BAJA

Komponen struktur atas selain dirancang untuk kuat menahan beban dari struktur atap diharapkan juga mampu melindungi komponen struktur lain yang ada di bawahnya dari pengaruh lingkungan yang dapat merusak ketahanan komponen struktur. Penutup atap dari asbes gelombang, profil-profil dari bahan baja dan sambungan-sambungan menggunakan sambungan baut dan sambungan las. Untuk perencanaan, perhitungan dan analisa rangka atap baja menggunakan program bantu analisa struktur SAP 2000 yang mana permodelannya dijadikan satu kesatuan dengan komponen struktur utama sehingga diharapkan gaya yang terjadi akibat pembebanan akan lebih mendekati dengan kondisi yang sebenarnya.

Data Perencanaan :

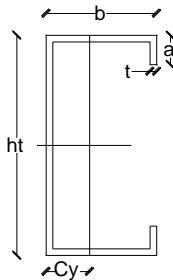
- Bahan penutup atap : Genteng
- Profil kuda-kuda : Baja WF 300.50.6,5.9
- Profil kolom pendek : Baja WF 250.250.8.13
- Profil gording : Baja LLC
- Mutu baja : BJ-37 ( $\sigma$  ijin= 1600 kg/cm<sup>2</sup>) (PPBBI 1984 tabel.1 3.2.2(b))
- Bentang kuda-kuda : 18m
- Jarak antar kuda-kuda : 4,5m
- Jenis atap : Perisai
- Jarak antar gording (s) : 1,25
- Sudut atap : 30
- Penggantung gording : 1

### 4.2.1 Perhitungan Gording Dimensi Gording

Penentuan dimensi gording diambil dari Tabel Profil Konstruksi Baja dan disesuaikan dengan profil



yang ada dipasaran. Dalam perencanaan dan perhitungan PPBBI 1984. Perhitungan profil baja gording yang direncanakan adalah Light Lip Channels 150.65.20.3,2

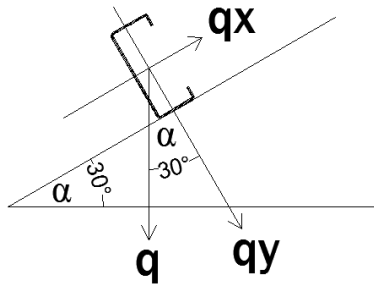


*Gambar 4. 11 Detail Gording*

A. Data Profil Gording :

- Berat Sendiri = 6,7 kg/m
- Momen Inersia ( $I_x$ ) = 280 cm<sup>4</sup>
- Momen Inersia ( $I_y$ ) = 28,3 cm<sup>4</sup>
- Section Modulus ( $W_x$ ) = 37,4 cm<sup>3</sup>
- Section Modulus ( $W_y$ ) = 8,19 cm<sup>3</sup>
- Section Area = 8,61 cm<sup>2</sup>
- Radius Of Gyration ( $i_x$ ) = 5,71 cm
- Radius Of Gyration ( $i_y$ ) = 1,81 cm

B. Pembebanan Gording



*Gambar 4. 12 Penguraian Gaya Pada Gording*

1. Beban Mati

- Berat Penutup Atap (Genteng) = 62.5 kg /m
- Berat Sendiri Gording = 6,76 kg/m  
= 69,26 kg/m
- Berat lain-lain (10% x 57,5) = 6,926 kg/m

$$q_d = 76,186 \text{ kg/m}$$

- Arah x  
 $q_d \cos 30 = 76,186 \text{ kg/m} \times \cos 30$   
 $= 65,979 \text{ kg/m}$
- Arah y  
 $q_d \sin 30 = 76,186 \text{ kg/m} \times \sin 30$   
 $= 38,093 \text{ kg/m}$

2. Beban Hidup

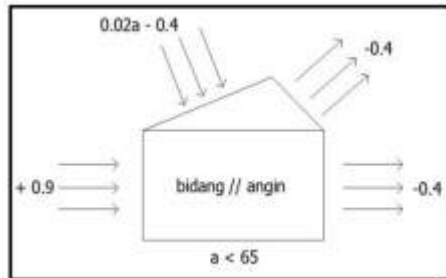
- Beban Pekerja (Terpusat) = 100 kg
  - Arah x = 100 cos 30  
= 86,603 kg/m
  - Arah y = 100 sin 30  
= 50 kg/m

- Beban Air Hujan

$$\begin{aligned}
 q_{la} &= (40 - 0,8 \sigma) \leq 20 \text{ kg/m}^2 \\
 &= (40 - 0,8 \times 30) \leq 20 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 16 \text{ kg/m}^2 > 20 \text{ kg/m}^2 \\
 \circ \text{ Arah } x &= 16 \text{ kg/m}^2 \times \cos 30^\circ \times b \\
 &= 17,321 \text{ kg/m} \\
 \circ \text{ Arah } y &= 16 \text{ kg/m}^2 \times \sin 30^\circ \times b \\
 &= 8 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

### 3. Beban Angin

Bangunan Gedung Psikologi Universitas Surabaya, berdasarkan PPIUG 1983 pasal 4.2 (2), maka nilai rencana tekanan tium angin diambil 25 kg/m<sup>2</sup>. Koefisien angin menurut PPIUG 1985 pasal 4.3 ayat 1 pada gedung tertutup dengan surut kemiringan atap  $\alpha < 65^\circ$



*Gambar 4. 13 Penguraian Beban Angin*

Beban angin pada rangka atap :

$$\begin{aligned}
 \text{A angin tekan} &= (0,02 \alpha - 0,4). \text{ Beban} \\
 \text{angin.L} &= 0,2 \cdot 25 \text{ kg/m}^2 \cdot L \\
 &= 6,25 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Angin hisap} &= 0,4 \cdot \text{beban angin} \cdot L \\
 &= 0,4 \cdot 25 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,25 \text{ m} \\
 &= -12,5 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban angin yang menentukan = 6,25 kg/m

### C. Perhitungan momen

1. Beban Mati/ Dead Load (DL)
  - $M_{dx} = 1/8 \cdot q_d \cdot L^2$   
 $= 167,009 \text{ kgm}$
  - $M_{dy} = 1/8 \cdot q_d \cdot (L/3)^2$   
 $= 10,714$
2. Beban Hidup terpusat (LL)
  - $M_{lx} = 1/4 \cdot P_x \cdot L$   
 $= 97,428 \text{ kgm}$
  - $M_{ly} = 1/4 \cdot P_y \cdot (L/3)$   
 $= 18,750$
3. Beban Hidup merata (LL)
  - $M_{lax} = 1/8 \cdot q_x \cdot L^2$   
 $= 43,843 \text{ kgm}$
  - $M_{lay} = 1/8 \cdot q_{yx} \cdot (L/3)^2$   
 $= 2,813$
4. Beban Angin / Wind Load (WL)
  - $M_{wx} = 1/8 \cdot q_y \cdot L^2$   
 $= 15,8201 \text{ kgm}$

### D. Kombinasi Beban

1.  $MU = 1,4D$  (Beban Mati)
  - $M_{ux} = 1,4 \times M_{dx}$   
 $= 233,813 \text{ kgm}$
  - $M_{uy} = 1,4 \times M_{dy}$

$$= 14,999 \text{ kgm}$$

2.  $MU = 1,2 D + 1,6 L$  (Beban Mati + Beban Hidup terpusat )

$$\begin{aligned} Mux &= 1,2 Mdx + 1,6 Mlx \\ &= 356,296 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &= 1,2 Mdy + 1,6 Mly \\ &= 42,856 \text{ kgm} \end{aligned}$$

3.  $MU = 1,2 D + 1,6 La$  (Beban Mati + Beban Hidup Merata)

$$\begin{aligned} Mux &= 1,2 Mdx + 1,6 Mlax \\ &= 270,559 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &= 1,2 Mdy + 1,6 Mlay \\ &= 17,345 \text{ kgm} \end{aligned}$$

4.  $MU = 1,2D + 1,6L + 0,8W$  (Beban Mati + Beban Hidup Terpusat + Beban Angin)

$$\begin{aligned} Mux &= 1,2 Mdx + 1,6 Mlx + 0,8 Mwx \\ &= 368,952 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &= 1,2 MdD + 1,6 Mly + 0,8 Mwy \\ &= 42,856 \text{ kgm} \end{aligned}$$

5.  $MU = 1,2D + 1,6La + 0,8W$  (Beban Mati + Beban Hidup Meratat + Beban Angin)

$$\begin{aligned} Mux &= 1,2 Mdx + 1,6 Mlax + 0,8 Mwx \\ &= 283,216 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &= 1,2 MdD + 1,6 Mlay + 0,8 Mwy \\ &= 17,356 \text{ kgm} \end{aligned}$$

6.  $MU = 0,9D + 1,3 W$  (Beban Mati + Beban Angin)

$$\begin{aligned} Mux &= 0,9 Mdx + 1,3 Mwx \\ &= 170,875 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &= 0,9 Mdy + 1,3 Mwx \\ &= 9,642 \end{aligned}$$

E. Cek Kelangsingan Penampang

Profil = LLC 150. 50. 20. 3,2

BJ = 37

$f_y = 240 \text{ MPa}$

$f_u = 370 \text{ Mpa}$

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{50\text{mm}}{2.3,2\text{mm}} = 7,8125 \text{ (untuk sayap)}$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{150\text{mm}}{3,2 \text{ mm}} = 46,875 \text{ (untuk badan)}$$

Berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel I1.12, syarat penampang kompak tidak boleh melebihi :

$$\lambda_f = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 10,969 \text{ (untuk sayap)}$$

$$\lambda_f = 1 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 10,969 \text{ (untuk badan)}$$

Cek Persyaratan:

$$\lambda_f < \lambda_p \rightarrow 7,8125 < 10,97 \text{ (memenuhi)}$$

$$\lambda_w < \lambda_p \rightarrow 46,875 < 108,44 \text{ (memenuhi)}$$

Sehingga dapat disimpulkan profil LLC 50.50.20.3,2 termasuk penampang kompak.

F. Cek Kekuatan Penampang

Tahanan nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak berdasarkan SNI 1729-2015 pasal I3.4b (a) :

$$M_n = M_p = Z \cdot f_y$$

Dengan :  $M_n = M_p =$  tahanan momen plastis

$Z =$  modulus plastis

$F_y =$  kuat leleh

Momen nominal penampang

1. Momen arah x

$$\begin{aligned} M_{px} &= Z_x \cdot f_y = 37,4 \text{ cm}^3 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 89760 \text{ kgcm} \\ &= 897,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

2. Momen arah y

$$\begin{aligned} M_{py} &= Z_y \cdot f_y = 8,19 \text{ cm}^3 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 19656 \text{ kgcm} \\ &= 196,56 \text{ kgm} \end{aligned}$$

D. Kontrol Tegangan

$$\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} < 1,00$$

$$\frac{368,925}{807,84} + \frac{42,856}{176,904} < 1$$

$$0,69897 < 1$$

Dari hasil perhitungan maka untuk gording digunakan profil 150. 50. 20. 3,2

E. Kontrol Lendutan

Batas-batas lendutan untuk keadaan kemampuan layan batas harus sesuai dengan struktur, fungsi penggunaan, sifat pembebanan, serta elemen-elemen yang didukung oleh struktur tersebut. Batas lendutan maksimum adalah :

$$\Delta ijin = \frac{L}{240}$$

$$\Delta ijin = \frac{L}{240} = \frac{450cm}{240} = 1,8$$

Besar lendutan arah x

$$\Delta ijin_x = \frac{5}{384} x \frac{q_{Dx} \cdot (L_x)^4}{EI_x} + \frac{1}{48} x \frac{P_x \cdot (L_x)^3}{EI_x}$$

Dimana :

$\Delta x$  = lendutan arah x (cm)

$q_{Dx}$  = beban mati arah sumbu x (kg/cm)

$L_x$  = bentang arah sumbu x (cm)

$E$  =  $2,1 \times 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)

$I_x$  = momen kelembaman sumbu x profil

$P_x$  = beban hidup arah sumbu x (kg)

Sehingga ,

$$\begin{aligned} \Delta ijin_x &= \frac{5}{384} x \frac{q_{Dx} \cdot (L_x)^4}{EI_x} + \frac{1}{48} x \frac{P_x \cdot (L_x)^3}{EI_x} \\ &= 0,629 \text{ cm} \end{aligned}$$

Besar lendutan arah y

$$\Delta ijin_y = \frac{5}{384} x \frac{q_{Dy} \cdot (L_y)^4}{EI_y} + \frac{1}{48} x \frac{P_y \cdot (L_y)^3}{EI_y}$$

Dimana :



$\Delta x$  = lendutan arah y (cm)

$q_{Dy}$  = beban mati arah sumbu y (kg/cm)

$L_y$  = bentang arah sumbu y (cm)

$E$  =  $2,1 \times 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)

$I_y$  = momen kelembaman sumbu y profil

$P_y$  = beban hidup arah sumbu y (kg)

Sehingga ,

$$\begin{aligned}\Delta_{ijin_y} &= \frac{5}{384} x \frac{q_{Dy} \cdot (L_y)^4}{EI_y} + \frac{1}{48} x \frac{P_y \cdot (L_y)^3}{EI_y} \\ &= 0,044 \text{ cm}\end{aligned}$$

Resultan Lendutan

$$\begin{aligned}\Delta &= \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \\ \Delta &= \sqrt{0,629^2 + 0,044^2} \\ &= 0,6305\end{aligned}$$

Cek Syarat Lendutan :

$$\begin{aligned}\Delta &< \Delta_{ijin} \\ 0,6305 &< 1,875\end{aligned}$$

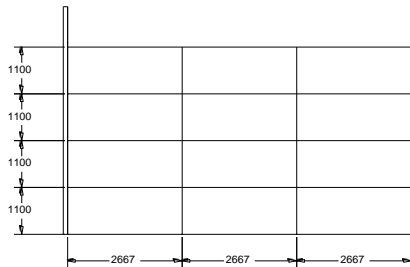
Syarat lendutan memenuhi

Maka, profil LLC 150. 50. 20. 3,2

#### 4.2.2 Perhitungan Penggantung Gording

Penggantung gording dipasang sebagai penguat sumbu lemah. Dalam hal ini, sumbu lemah gording

adalah sumbu y. Maka dipasang penggantung gording yang tegak lurus dengan sumbu y untuk memperkuat penampang gording saat menerima beban searah sumbu y. Perhitungan berikut memakai 2 penggantung gording.



*Gambar 4. 14 Detail Penggantung Gording*

**A. Data Perencanaan :**

1. Jumlah Penggantung Gording : 2 bh
2. Jarak antar gording (b1) : 2,25m
3. Bentang antar kuda-kuda dan penggantung (l1) : 1,25m
4. Jumlah Gording (n) : 10 bh
5. Beban Mati : 6,76 kg/m
6. Beban Hidup : 50 kg
7. Kemiringan Atap : 30°

**B. Analisis Pembebanan :**

Berikut adalah beban-beban yang bekerja pada penggantung gording :

1. Beban Mati
  - Berat Sendiri Gording = 10,1173kg/m
2. Beban Hidup

- Beban Pekerja (Terpusat) = 50 kg

### C. Perhitungan :

Direncanakan diameter = 10 mm

- $A_g = \frac{1}{4} \pi d^2 = 78,540 \text{ mm}^2 = 0,785 \text{ cm}^2$
- Sudut Kemiringan :

$$\theta = \arctan \frac{b_1}{l_1} = 39,806$$

- Beban Ultimate  

$$U = 1,2 (q_d \times l_1) + 1,6(q_l)$$

$$= 1,2 (6,76 \text{ kg/m} \times 2,25\text{m}) + 1,6(50\text{kg})$$

$$= 98,252 \text{ kg}$$
- $N_u = n \times U$   

$$= 10 \times 98,252\text{kg}$$

$$= 982,52 \text{ kg}$$
- Kontrol LRFD
  - Gaya tarik aksial terfaktor :  

$$T_u = \frac{N}{\sin \theta} = 1439,71$$
  - Tahanan Nominal :  

$$T_n = A_g \times F_y$$

$$= 1884,96$$

Syarat

$$T_u \leq \phi \cdot T_n$$

$$1439,71 \leq 0,9 \times 1884,96$$

$$1439,71 \leq 1696,46 \text{ (OK)}$$

$$Rasio = \frac{T_u}{\phi T_n} = 0,8486$$

- Kontrol Kelangsingan

$$L = \sqrt{(1250)^2 + (1500)^2} = 1952,56$$

$$D > \frac{L}{500}$$

$$10 > 3,905$$

$$500 > \frac{L}{D}$$

$$500 > 195,256$$

Jadi penggantung gording yang dapat dipakai  
= 10 mm dengan rasio tegangan 0,8486

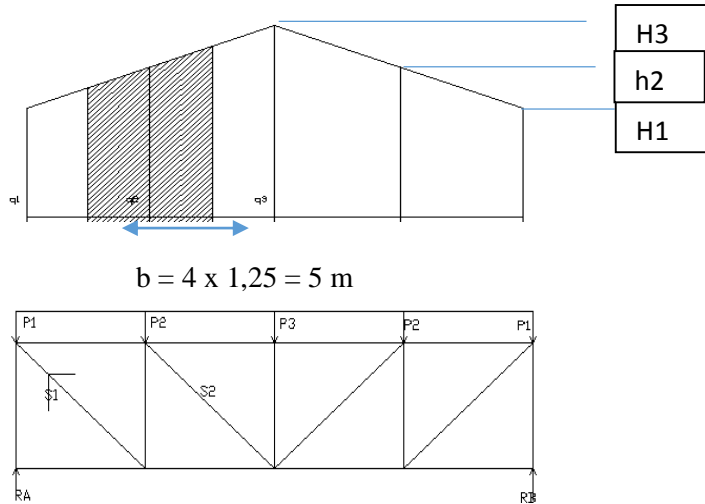
#### 4.2.3 Perhitungan Ikatan Angin

Ikatan angin diperhitungkan apabila beban lateral akibat gempa bekerja langsung terhadap rangka kuda-kuda yang memungkinkan terjadi goyangan kea rah samping. Jika dilihat pada gambar tampak, maka kondisi konstruksi di lapangan menunjukkan terdapatnya gevel di badian belakang dan depan struktur rangka atap. Maka tujuan perhitungan ikatan angin dalam perencanaan ini sekedar sebagai latihan, oleh karena itu ikatan montase lebih tepat mewakili ikatan angin.

##### A. Data Perencanaan :

- Jarak antar gording = 1,25 m
- Sudut atap =  $30^0$
- Tekanan tiup = 25 kg/m<sup>2</sup>
- Jarak antar kuda-kuda = 9 m
- Bentang kuda-kuda = 18 m
- Penutup atap = Genteng
- Mutu baja = BJ-37
- $F_y$  = 240 Mpa = 2400 kg/cm<sup>2</sup>
- $F_u$  = 370 Mpa = 3700 kg/cm<sup>2</sup>

## B. Gambar Mekanika



*Gambar 4. 15 Detail Ikatan Angin*

## C. Perhitungan Tinggi Bidang Tinjauan

$$h1 = 15,84 \text{ m}$$

$$h2 = h1 + (\tan 30^\circ \times b)$$

$$= 18,73 \text{ m}$$

$$h3 = h2 + (\tan 30^\circ \times b)$$

$$= 21,61 \text{ m}$$

## D. Perhitungan Pembebanan

$$q = w \cdot c$$

Dimana

$b$  = lebar bidang tinjau

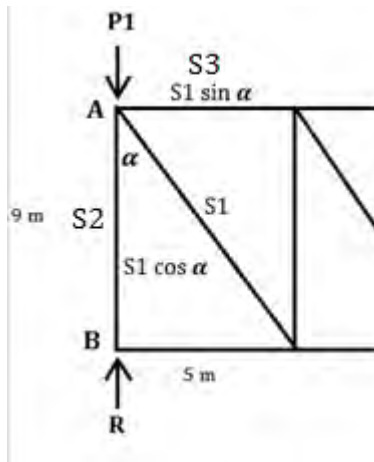
$w$  = Tekanan angin =  $25 \text{ kg/m}^2$   
(PPIUG 1983, pasal 4.2 (1))

$C$  = Koefisien angin =  $(0,02\alpha - 0,4)$   
 $= 0,2$   
(PPIUG 1983 tabel 4.1)

$$\begin{aligned}
 P1 &= ((15,84\text{m} + (15,84\text{m} \times \tan 30^\circ \times 2,5)) \times 2,5\text{m}/2) \times 5\text{kg}/\text{m}^2 \\
 &= ((15,84\text{m} + 17,28\text{m}) \times 2,5\text{m}/2) \times 5\text{kg}/\text{m}^2 \\
 &= 207,02 \text{ kg} \\
 P2 &= ((17,28\text{m} + (17,28\text{m} \times \tan 30^\circ \times 5)) \times 5\text{m}/2) \times 5\text{kg}/\text{m}^2 \\
 &= ((17,28\text{m} + 20,17\text{m}) \times 5\text{m}/2) \times 5\text{kg}/\text{m}^2 \\
 &= 468,17 \text{ kg} \\
 P3 &= ((20,17\text{m} + (20,17\text{m} \times \tan 30^\circ \times 2,5)) \times 2,5\text{m}/2) \times 5\text{kg}/\text{m}^2 \\
 &= ((20,17\text{m} + 21,61\text{m}) \times 2,5\text{m}/2) \times 5\text{kg}/\text{m}^2 \\
 &= 261,15 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Reaksi Gaya Batang

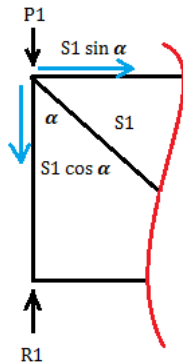
$$\begin{aligned}
 R &= P1 + P2 + P3 \\
 &= 207,02 \text{ kg} + 468,17 \text{ kg} + 261,15 \text{ kg} \\
 &= 936,338 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



$$\alpha = \tan^{-1} (5/9)$$

$$= 29^0$$

Pada titik Buhul A

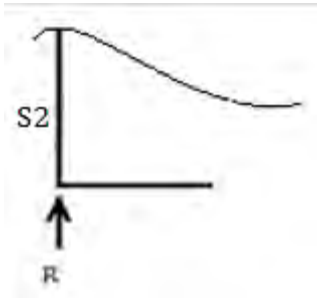


$$\Sigma V = 0$$

$$R + S2 - S1 \cos \alpha - P1 = 0$$

(persamaan 1)

Pada titik Buhul B



$$\Sigma V = 0$$

$$R - S2 = 0$$

$$R = S2$$

$$S2 = 936,34 \text{ kg}$$

(persamaan 2)

Dari persamaan 1 dan 2

$$S2 \cos \alpha = P1 + S2$$

$$S2 \cos \alpha = 977,742 \text{ kg}$$

$$S2 = 1128,99 \text{ kg}$$

### Perencanaan Batang Tarik :

- Tinjauan terhadap leleh :

$$\begin{aligned}A_g \text{ perlu} &= \frac{P_u}{\theta f_y} \\&= 52,27 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{1}{4} \pi d^2 &= 52,27 \text{ mm}^2 \\d &= 8,16 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Tinjauan terhadap putus :

$$\begin{aligned}A_g &= \frac{P_u}{0,75 \cdot \theta f_u} \\&= 45,20 \text{ mm}^2 \\ \frac{1}{4} \pi d^2 &= 45,20 \text{ mm}^2 \\d &= 7,59 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Direncanakan diameter 12 mm

$$\begin{aligned}A_g &= 113,04 \text{ mm}^2 \\&= 113,04 \text{ mm}^2 > 56,79 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned}A_g &= 113,04 \text{ mm}^2 \\T_u &= 1128,99 \text{ kg} \\T_n = A_g \cdot F_y &= 2714 \text{ kg} \\\varnothing \text{ untuk kondisi leleh} &= 0.9 \\\text{Syarat } T_u &\leq \varnothing T_n \\1128,99 \text{ kg} &\leq 2442,9 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

- Kontrol Kelangsingan

$$\begin{aligned}&\text{Menurut PPBBI 1984 pasal 3.3.(4)} \\d_{\min} &> L/500 \\L &= \sqrt{(5^2) + (9^2)} \text{ m} / 500 = 10,29 \text{ m}\end{aligned}$$

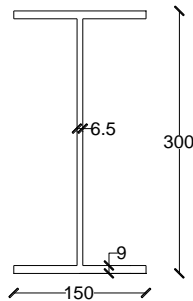


12 mm > 10,29 m (memenuhi)

Jadi ikatan angin direncanakan menggunakan diameter 12 mm.

#### 4.2.4 Pehitungan Kuda-Kuda

Dalam perencanaan dan perhitungan menggunakan acuan Standart Nasional Indonesia (SNI 03-1729-2015). Profil baja kuda-kuda direncanakan dengan WF 300.150.6,5.9.



*Gambar 4. 16 Detail Penampang Kuda-Kuda*

#### **Properti Penampang :**

- $f_u$  : 370 MPa
- $f_y$  : 240 MPa
- $f_r$  : 70 MPa
- $L_x$  (panjang kuda-kuda ) : 11,0819 m
- $L_y$  (jarak antar gording) : 1,25 m
- $K_c$  (jepit-jepit) : 0,5

W	: 36,7 kg/m	tw	: 8 mm
d	: 300 mm	tf	: 13 mm
b	: 150 mm	A	: 46,8 cm <sup>2</sup>

h	: 212 mm	I <sub>x</sub>	: 7210 cm <sup>4</sup>
Z <sub>x</sub>	: 801 cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub>	: 508 cm <sup>4</sup>
Z <sub>y</sub>	: 269 cm <sup>3</sup>	E	: 200000 MPa
i <sub>x</sub>	: 10,8 cm	G	: 80000 MPa
i <sub>y</sub>	: 6,29 cm	L	: 11,0819 m

- $Z_x = (b \cdot t_f \cdot (d - t_f)) + (1/4 \cdot t_w \cdot (d - 2t_f)^2)$   
 $= 522077 \text{ mm}^3 = 522,077 \text{ cm}^3$
- $Z_y = (1/2 \cdot b^2 \cdot t_f) + (1/4 \cdot t_w^2 \cdot (d - 2t_f))$   
 $= 104229 \text{ mm}^3 = 104,229 \text{ cm}^3$

Dari output SAP 2000 kombinasi 1,2D+1,2SD + 1L + 1,6Lr didapatkan gaya sebesar :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 6586,75 \text{ kg} \\
 V_u &= 2467,73 \text{ kg} \\
 M_{ux} &= 7 \text{ kg} \\
 M_{uy} &= 4458,29 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kelangsingan

$$\begin{aligned}
 \lambda &= L \cdot K_c / i_x \\
 &= 11,0819 \times 100 \times 0,5 / 12,4 \\
 &= 44,685
 \end{aligned}$$

Maka, parameter kelangsingan

$$\begin{aligned}
 \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\
 &= \frac{44,685}{\pi} \sqrt{\frac{240}{200000}} \\
 &= 0,49
 \end{aligned}$$

Maka didapatkan koefisien factor tekuk struktur sebagai berikut :

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c}$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,49} = 1,12$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 7.6.2)

Kontrol Kuat Tekan

$$\begin{aligned} P_{cr} &= \frac{A_g \cdot f_y}{\frac{\lambda_c}{46,8.2400}} \\ &= \frac{0,49}{227957,45} \text{ kg} \\ P_n &= \frac{A_g \cdot f_y}{\frac{\omega}{46,8.2400}} \\ &= \frac{1,12}{99742,928} \text{ kg} \\ C_m &= 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} \\ &= 0,6 - 0,4 \left( \frac{745,8}{4469,54} \right) \\ &= 0,533 \end{aligned}$$

(SNI 1729-2015, Lampiran

8.2)

$$\begin{aligned} \delta_b &= \frac{C_m}{\left(1 - \left(\frac{P_u}{P_{cr}}\right)\right)} \\ &= \frac{0,533}{\left(1 - \left(\frac{4316,22}{227957,45}\right)\right)} \\ &= 0,5435 \text{ maka } \delta_b \text{ diambil} = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{P_u}{P_{cr}}\right)\right)} \\ &= \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{4316,22}{227957,45}\right)\right)} \\ &= 1,0193 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \delta_b \cdot M_{ntu} + \delta_s \cdot M_{ltu} \\ &= (1 \cdot 2863,5 \text{ kgm}) + (1,0193 \cdot 199,3 \text{ kgm}) \\ &= 3175,4332 \text{ kgm} \\ &= 31754332 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} \\
 &= \frac{46,8 \cdot 2400}{1,095} \\
 &= 99742,928 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned}
 P_u &< \phi \cdot P_n \\
 6586,75 \text{ kg} &< 99742,93 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} = \frac{6586,75 \text{ kg}}{99742,93 \text{ kg}} = 0,066$$

$$\text{Bila } \frac{P_u}{\phi \cdot P_n} \geq 0,2 \rightarrow 0,066 \geq 0,2$$

maka digunakan persamaan interaksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \frac{P_u}{2\phi \cdot P_n} + \frac{M_{rx}}{\phi \cdot M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{\phi \cdot M_{cy}} &\leq 1,0 \\
 \frac{6586,75}{199485,856} + \frac{700}{11276,85} + \frac{445829}{11276,85} &\leq 1,0 \\
 0,3146 &\leq 1,0 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

#### Cek Local Buckling

- Kontrol plat sayap (flens)

$$\frac{b}{2 \cdot t_f} < \frac{0,38\sqrt{E}}{f_y} \quad (\text{SNI 03-1729-2015, tabel B4.1b})$$

$$\begin{aligned}
 \frac{150}{2,9} &< \frac{0,38\sqrt{200000}}{240} \\
 8,33 &< 10,969 \quad (\text{Penampang Kompak})
 \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap badan (Web)

$$\frac{h}{t_w} < \frac{3,76\sqrt{E}}{f_y} \quad (\text{SNI 03-1729-2015, tabel B4.1b})$$

$$\begin{aligned}
 \frac{282}{6,5} &< \frac{3,76\sqrt{200000}}{240} \\
 32,615 &< 105,944 \quad (\text{Penampang Kompak})
 \end{aligned}$$

Karena termasuk Penampang Kompak, maka  $M_n = M_p$

(SNI 03-1729-2015,Pasal

(F2-1))

Momen Nominal ( $M_n$ )

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y \\ &= 522077 \text{ mm}^3 \cdot 240 \text{ Mpa} \\ &= 125298360 \text{ Nmm} \\ &= 12530 \text{ kgm} \\ \Phi \cdot M_n &= 0,9 \cdot M_n \\ &= 0,9 \cdot 12530 \text{ kgm} \\ &= 11277 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned} M_u &< \Phi M_n \\ 4458,29 \text{ kg} &< 11277 \text{ kgm} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol Lateral Buckling

$$\begin{aligned} L &\leq L_p &&= \text{Bentang Pendek} \\ L_p &\leq L \leq L_r &&= \text{Bentang Menengah} \\ L_r &\leq L &&= \text{Bentang Panjang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{508}{46,8}} \\ &= 3,295 \text{ cm} \\ &= 32,95 \text{ mm} \\ \bullet \quad L_p &= \frac{1,76 r_y \sqrt{E}}{f_y} \\ &= \frac{1,76 \cdot 32,95 \sqrt{200000}}{240 \text{ Mpa}} \\ &= 1673,91 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek :} \quad L &> L_p \\ 11081,9 \text{ mm} &> 1673,91 \text{ mm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

### Periksa Lr

- $h_o = h - h_f$   
 $= 300 - 9 = 291 \text{ mm}$
- $C_w = \frac{I_y \cdot h_o^2}{4}$   
 $= \frac{508 \times 10^4 \cdot (291 \text{ mm})^2}{4}$   
 $= 1,075 \cdot 10^{11} \text{ mm}^6$
- $J = \frac{1}{3} \cdot b \cdot t_w + 2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot b f \cdot t f^3\right)$   
 $= \frac{1}{3} \cdot 300 \text{ mm} \cdot (6,5 \text{ mm}) +$   
 $2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 150 \text{ mm} \cdot (9 \text{ mm})^3$   
 $= 96334,64 \text{ mm}^4$
- $G = 8000 \text{ Mpa}$
- $c = 1$  (untuk penampang I simetris)  
(SNI 1729-2015, Pasal F2-

8a)

- $r_{ts} = \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x}$   
 $= 3,84$   
(SNI 1729-2015, Pasal F2-7)

$L_r =$

$$1,95 \cdot r_{ts} \left( \frac{E}{0,7 F_y} \right) \sqrt{\frac{J_c}{S_x \cdot h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x \cdot h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}}$$
$$= 497 \text{ mm}$$

(SNI 1729-2015, Pasal

F2-6)

Cek :  $L > L_r$   
 $11082 \text{ mm} > 497 \text{ mm} \rightarrow$  (Bentang panjang)

Momen Bentang Panjang

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x$$

(SNI 1729-2015, Pasal F2.2)

$$Cb = \frac{12,5 Mmax}{2,5 Mmax + 3 MA + 4 MB + 3 MC} \leq 2,3$$

$$Cb = \frac{12,5 \cdot 3280,18 \text{ kgm}}{2,5 \cdot 4458,29 \text{ kgm} + 3 \cdot 861,69 \text{ kgm} + 4 \cdot 1933,56 \text{ kgm} + 3 \cdot 346 \text{ kgm}} \leq 2,3$$

$$= 2,48 < 2,3 \rightarrow (\text{dipakai } Cb = 2,3)$$

(SNI 1729-2015, Pasal F1.3)

$$\begin{aligned} Fcr &= \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \\ &= 11,78 \end{aligned}$$

(SNI 1729-2015, Pasal F2.2)

- $Mn = Fcr \cdot Sx$   
 $= 11,78 \text{ Mpa} \times 502000 \text{ mm}^3$   
 $= 63839511,85 \text{ Nmm}$

- $Mp = Fy \cdot Zx$   
 $= 240 \text{ Mpa} \times 522077 \text{ mm}^3$   
 $= 125298360,0 \text{ Nmm}$

(SNI 1729-2015, Pasal F2.1)

Cek Syarat :

$$\begin{array}{ll} Mn & \leq Mp \\ 63839511,85 \text{ Nmm} & \leq 125298360,0 \text{ Nmm} \quad (\text{memenuhi}) \end{array}$$

### Kontrol Geser

$$\frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{300}{6,5} < \frac{1100}{15,492}$$

$$46,154 < 71 \quad (\text{memenuhi})$$

$$\begin{aligned} Vn &= 0,6 \cdot fy \cdot Aw \\ &= 0,6 \cdot 240 \text{ Mpa} \cdot 6,5 \text{ mm} \cdot 291 \text{ mm} \\ &= 272376 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi V_n &= 0,9 V_n \\
 &= 0,9 \cdot 272376 \text{ N} \\
 &= 2451,38 \text{ N} \\
 &= 24513,84 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\Phi V_n > V_u$$

$$24513,84 \text{ kg} > 1778,9 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

### **Kontrol Lendutan**

$$\begin{aligned}
 \text{Lendutan ijin} &= L/240 \\
 &= 11081,9 \text{ mm} / 240 \\
 &= 46,174 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan output SAP2000, didapatkan :

$$\begin{aligned}
 \Delta^\circ &= 0,009 \text{ m} \\
 &= 9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\Delta^\circ < \Delta_{\text{ijin}}$$

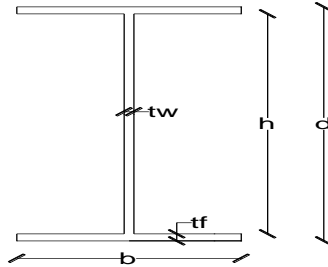
$$9 \text{ mm} < 46,174 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga profil kuda-kuda WF 300.150.6,5.9 dapat digunakan.

#### **4.2.5 Pehitungan Kolom Praktis**

Dalam perencanaan dan perhitungan menggunakan acuan Standart Nasional Indonesia (SNI 03-1729-2015). Profil baja kuda-kuda direncanakan dengan WF 300.150.6,5.9.





Gambar 4. 17 Detail Penampang Kolom Pendek

**Properti Penampang :**

- $f_u$  : 370 MPa
- $f_y$  : 240 MPa
- $f_r$  : 70 MPa
- $L_x$  (panjang kuda-kuda ) : 11,0819 m
- $L_y$  (jarak antar gording) : 1,1 m
- $K_c$  (jepit-jepit) : 0,5

W	: 66,6kg/m	tw	: 6,5 mm
d	: 250 mm	tf	: 9 mm
b	: 250 mm	A	: 84,7 cm <sup>2</sup>
h	: 212 mm	I <sub>x</sub>	: 9930 cm <sup>4</sup>
Z <sub>x</sub>	: 481 cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub>	: 3350 cm <sup>4</sup>
Z <sub>y</sub>	: 67.7 cm <sup>3</sup>	E	: 200000
MPa			
i <sub>x</sub>	: 12,4 cm	G	: 80000 MPa
i <sub>y</sub>	: 3,29 cm	L	: 0,75 m

- $Z_x = (b \cdot t_f \cdot (d - t_f)) + (1/4 \cdot t_w \cdot (d - 2t_f)^2)$   
 $= 870602 \text{ mm}^3 = 870,6 \text{ cm}^3$
- $Z_y = (1/2 \cdot b^2 \cdot t_f) + (1/4 \cdot t_w^2 \cdot (d - 2t_f))$

$$= 409835 \text{ mm}^3 = 409,83 \text{ cm}^3$$

Dari output SAP 2000 kombinasi 1,2D+1,2SD + 1L + 1,6Lr didapatkan gaya sebesar :

$$P_u = 5481,39 \text{ kg}$$

$$V_u = 4469,03 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 13,27 \text{ kg}$$

$$M_{uy} = 4458,29 \text{ kg}$$

### Kontrol Kelangsingan

$$\lambda = L \cdot K_c / i$$

$$= 0,75 \times 100 \times 0,5 / 6,29$$

$$= 3,47$$

Maka, parameter kelangsingan

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$= \frac{3,47}{\pi} \sqrt{\frac{240}{200000}}$$

$$= 0,04$$

Maka didapatkan koefisien factor tekuk struktur sebagai berikut :

karena  $\lambda_c < 0,25$  maka  $\omega = 1$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 7.6.2)

### Kontrol Kuat Tekan

$$P_{cr} = \frac{A_g \cdot f_y}{\lambda_c}$$

$$= 5309411,5 \text{ kg}$$

$$P_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega}$$

$$= 223799,61 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2}$$

$$= 0,6 - 0,4 \left( \frac{1327}{445829} \right)$$

$$= 0,598$$

(SNI 1729-2015, Lampiran

8.2)

$$\begin{aligned}\delta_b &= \frac{Cm}{\left(1 - \left(\frac{Pu}{P_{cr}}\right)\right)} \\ &= \frac{0,598}{\left(1 - \left(\frac{5309411,5}{223799,61}\right)\right)} \\ &= 0,599 \text{ maka } \delta_b \text{ diambil} = 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_s &= \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{Pu}{P_{cr}}\right)\right)} \\ &= 1,001\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \delta_b \cdot M_{ntu} + \delta_s \cdot M_{ltu} \\ &= (1 \cdot 2863,5 \text{ kgm}) + (1,001 \cdot 293,75 \text{ kgm}) \\ &= 3157,5536 \text{ kgm} \\ &= 31575536 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned}Pu &< \phi \cdot P_n \\ 5481,39 \text{ kg} &< 223799,61 \text{ kg (memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\frac{Pu}{\phi \cdot P_n} = \frac{5481,39 \text{ kg}}{223799,61 \text{ kg}} = 0,024$$

$$\text{Bila } \frac{Pu}{\phi \cdot P_n} \geq 0,2 \rightarrow 0,024 \geq 0,2$$

maka digunakan persamaan interaksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\frac{Pu}{2\phi \cdot P_n} + \frac{Mu}{\phi \cdot Mn} &\leq 1,0 \\ \frac{45481,39}{447599,216} + \frac{3157,553578}{18805,5} &\leq 1,0 \\ 0,108 &\leq 1,0 \quad (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

### Kontrol Kelangsingan

- Kontrol plat sayap (flens)

$$\frac{b}{2 \cdot t_f} < \frac{0,38\sqrt{E}}{f_y} \quad (\text{SNI 03-1729-2015, tabel B4.1b})$$

$$\begin{aligned}9,615 &< 10,969 \quad (\text{Penampang Kompak})\end{aligned}$$

- Kontrol terhadap badan (Web)

$$\frac{h}{t_w} < \frac{3,76\sqrt{E}}{f_y} \quad (\text{SNI 03-1729-2015, tabel B4.1b})$$

$$16,75 < 105,944 \quad (\text{Penampang Kompak})$$

Karena termasuk Penampang Kompak, maka  $M_n = M_p$

(SNI 03-1729-2015, Pasal (F2-1))

### Kontrol Lateral Buckling

$$L \leq L_p \quad = \text{Bentang Pendek}$$

$$L_p \leq L \leq L_r \quad = \text{Bentang Menengah}$$

$$L_r \leq L \quad = \text{Bentang Panjang}$$

- $r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}}$   
 $= 6,2889 \text{ cm}$   
 $= 62,89 \text{ mm}$
- $L_p = \frac{1,76 r_y \sqrt{E}}{f_y}$   
 $= \frac{1,76 \cdot 62,89 \sqrt{200000}}{240 \text{ Mpa}}$   
 $= 3185,235 \text{ mm}$

Cek :  $L > L_p$   
 $750 \text{ mm} < 3185,235 \text{ mm}$   
 (Termasuk bentang pendek)

### Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned} \text{Lendutan ijin} &= L/240 \\ &= 750 \text{ mm} / 240 \\ &= 3,125 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan output SAP2000, didapatkan :

$$\Delta^{\circ} = 0,00 \ 0132 \text{ m}$$

$$= 0,132 \text{ mm}$$

Cek Syarat :

$$\Delta^{\circ} < \Delta_{ijin}$$

$$0,132 \text{ mm} < 46,174 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Sehingga profil kuda-kuda WF 300.150.6,5.9 dapat digunakan.

#### 4.2.6 Perhitungan Plat Landas

Sebelum beban kolom baja diteruskan ke pondasi, beban diterima terlebih dahulu oleh pelat landas (pelat kaki) yang berfungsi meratakan tekanan kolom pada pondasi.

Dari Output SAP maka didapat besar gaya-gaya maksimum yang bekerja pada kolom pendek baja dengan balok beton sebagai berikut:

- Gaya axial P = 5232,67 kg
- Gaya Momen M = 4227,15 kgm
- Dimensi kolom WF = 250. 250. 8. 13

Direncanakan

Dimensi pelat

$$\begin{aligned} B &= 35 \text{ cm} \\ N &= 35 \text{ cm} \\ bf &= 25 \text{ cm} \\ 0,8 \times bf &= 20 \text{ cm} \\ d &= 25 \text{ cm} \\ 0,95 \times d &= 23,75 \text{ cm} \\ n = \frac{B - (0,8bf)}{2} &= 7,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{N - (0,95d)}{2} = 5,625 \text{ cm}$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$F^\circ = \frac{P}{B \cdot N} = 4,272 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{B \cdot N^2}{6} = 7145,83 \text{ cm}^3$$

Tegangan yang terjadi

$$\sigma = F^\circ \pm M/S$$

$$\sigma_{\text{maks}} = F^\circ + M/S = 63.43 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{min}} = F^\circ - M/S = -54.88 \text{ kg/cm}^2$$

syarat tegangan yang terjadi tidak boleh melebihi  
tegangan beton =  $300 \text{ kg/cm}^2$

$$63.43 \text{ kg/cm}^2 < 300 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

$$-54.88 \text{ kg/cm}^2 < 300 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Momen yang terjadi

- Arah X =  $\sigma_{\text{maks}} \cdot B \cdot 0,5 \cdot n^2 = 62436 \text{ kgcm}$

- Arah Y =  $\sigma_{\text{min}} \cdot N \cdot 0,5 \cdot m^2 = 30389.8 \text{ kgcm}$

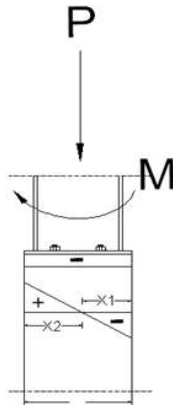
Perencanaan tebal pelat

$$\frac{M_y}{0,25 \cdot N \cdot t \cdot p^2} < 0,9 f_y$$

$$\text{Tebal pelat minimum} = \sqrt{\frac{4.My}{N.0,9.Fy}} = 1,27 \text{ cm}$$

Maka dipakai tebal pelat landas 1,5 cm

### Perencanaan Angker



*Gambar 4. 18 Detail Angker*

$$\frac{X1}{X2} = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

$$\frac{X1}{N-X1} = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

$$X1 = 16,2 \text{ cm}$$

Beban total pada angker

$$T = \frac{\frac{1}{3} \cdot X1^2 \cdot \sigma \cdot B}{X1} = 12014.60 \text{ kg}$$

Direncanakan angker berjumlah 4 buah, maka 1 angker

menerima beban sebesar  $\frac{T}{4} = 3003.65 \text{ kg}$

Perhitungan diameter angker =

$$A = \frac{T}{0,9 F_y} = 1.39 \text{ cm}^2$$

$$\phi = \sqrt{\frac{A}{0,25 \cdot \pi}} = 1,33 \text{ cm}$$

Maka di pakai D = 16 mm

Panjang penyaluran angker dengan beton

$$D_b = 16 \text{ mm}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\lambda = 1$$

$$\Psi_t = 1$$

$$\Psi_e = 1$$

$$\Psi_s = 1$$

$$c_b = 50$$

$$k_t = 0$$

Perencanaan panjang penyaluran berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.2

$$L_d = \left[ \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{2,1 \cdot \lambda \sqrt{f_c}} \right] d_b = 556,42 \text{ mm}$$

$$L_d = \left[ \frac{f_y}{1,1 \cdot \lambda \sqrt{f_c}} \frac{\Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \Psi_s}{\left[ \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right]} \right] d_b = 339.9 \text{ mm}$$

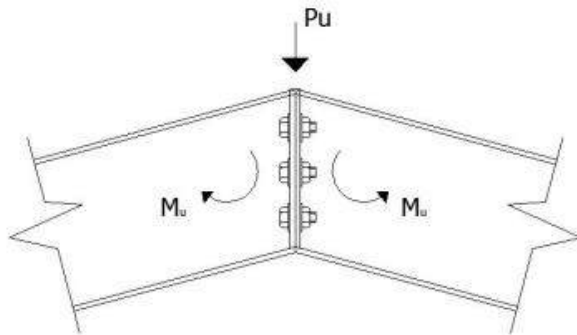
Dipasang 556,42 mm

Maka untuk angker dipasang D-16 dengan panjang penyaluran 600 mm



#### 4.2.7 Perhitungan Sambungan Antar Kuda-Kuda

Perencanaan bangunan gedung Universita Surabaya direncanakan dengan struktur rangka atap baja sebagai penutup bangunannya. Setiap pertemuan profil pada rangka atap baja dihubungkan satu sama lain dengan menggunakan alat pengikat ( *fastener* ) atau penyambung. Adapun alat pengikat atau penyambung yang digunakan pada perencanaan bangunan gedung Surabaya Grammar School II ini adalah sambungan baut dan sambungan las.



Gambar 4. 19 Detail Sambungan Kuda-Kuda

##### a. Data Perencanaan

- Mutu besi = 37
- $F_y$  = 240 Mpa
- $F_u$  = 370 Mpa
- $F_{uw}$  (las) = 490 Mpa
- $F_u^b$  = 825 Mpa
- $E$  = 200000 Mpa

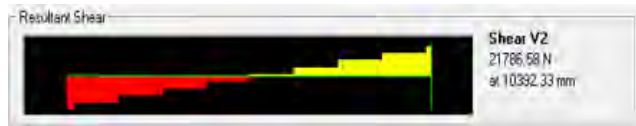
- Tegangan ijin  $\text{Kg/m}^2$  = 1600
- $\Phi$  Leleh = 0,9
- $\Phi$  Fraktur = 0,75
- Diameter baut rencana = 19 mm
- Tebal plat rencana = 6 mm
- Jumlah baut rencana = 8 buah
- Mutu baut rencana = A325
- Jarak pusat baut ke tepi ( $S_1$ ) = 90mm
- Jarak pusat baut ke tepi ( $S_2$ ) = 60 mm
- Spasi antar baut (U) = 75 mm
- Jarak tepi minimum  
(SNI-03-1729-2015 Pasal J3.4) = 26 mm
- Jarak tepi maksimum  
(SNI-03-1729-2015 Pasal J3.5) =  $15t_p$
- Spasi minimum  
(SNI-03-1729-2015 Pasal J3.3) =  $2\frac{2}{3}d_b$
- Spasi maksimum  
(SNI-03-1729-2015 Pasal J3.5) =  $14t_p$
- Tegangan geser nominal ( $F_{nv}$ ) = 372 Mpa  
(SNI-03-1729-2015 Tabel J3.2)
- Tegangan tarik nominal ( $F_{nt}$ ) = 620 Mpa  
(SNI-03-1729-2015 Tabel J3.2)
- Panjang kaki las rencana ( a ) = 2 mm

b. Output SAP

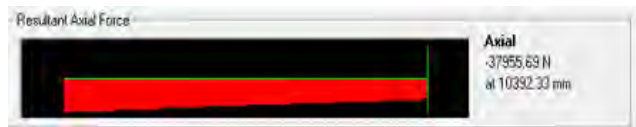
Dalam perencanaan sambungan antar kuda – kuda pemodelan gaya dalam diambil melalui analisa SAP pada kombinasi terbesar yaitu 1,2D+1L+1,3(1Ex+0,3Ey) sebagai berikut :



$$M_u = 29663969,3 \text{ Nmm}$$



$$V_u = 21786,58 \text{ N}$$



$$P_u = 37955,69 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_u \sin \alpha &= 21786,58 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ \\ &= 10893,29 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \cos \alpha &= 21786,58 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ \\ &= 18867,73 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \sin \alpha &= 37955,69 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ \\ &= 18977,845 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \cos \alpha &= 37955,69 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ \\ &= 32870,59 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u H &= P_u \cos \alpha + V_u \cos \alpha \\ &= 32870,59 \text{ N} + 18867,73 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 51738,32 \text{ N} \\
 \text{PuV} &= \text{Pu} \sin \alpha - \text{Vu} \sin \alpha \\
 &= -10893,29 - 18977,845 \text{ N} \\
 &= 8084,555 \text{ N} \\
 \text{Pu terbesar} &= 51738,32 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- c. Berdasarkan pada perhitungan perencanaan kuda – kuda, digunakan profil kuda – kuda sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Profil WF}_1 &= 300 \cdot 150 \cdot 6,5 \cdot 9 \\
 b &= 300 \text{ mm} \\
 h &= 150 \text{ mm} \\
 t_w &= 6,5 \text{ mm} \\
 t_f &= 9 \text{ mm} \\
 \alpha \text{ (sudut atap)} &= 30^\circ
 \end{aligned}$$

#### 4.2.7.1 Perencanaan sambungan baut antar kuda – kuda

- Kontrol jarak pusat baut ke tepi terdekat  
 Jarak tepi minimum  $\leq S_1 \leq 12t_p$  atau 200 mm  
 $26 \leq 60 \text{ mm} \leq 12 \cdot 8 \text{ mm}$  atau 150 mm  
 $26 \text{ mm} \leq 60 \text{ mm} \leq 96 \text{ mm}$  atau 150 mm

MEMENUHI

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi minimum} &\leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 26 \text{ mm} &\leq 34 \text{ mm} \leq 12 \cdot 8 \text{ mm} \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 26 \text{ mm} &\leq 34 \text{ mm} \leq 96 \text{ mm} \text{ atau } 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

MEMENUHI

(SNI-03-1729-2015 Pasal J3)

- Kontrol spasi antar e emen baut  
 Spasi minimum  $\leq U \leq 14t_p$  atau 180 mm  
 $2\frac{2}{3} \cdot d_b \text{ mm} \leq 100 \text{ mm} \leq 14 \cdot 8 \text{ mm}$  atau 180 mm  
 $44,27 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm} \leq 112 \text{ mm}$  atau 180 mm

MEMENUHI

(SNI-03-1729-2015 Pasal J3)

a. Tahanan Nominal

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kekuatan geser dan tarik maka digunakan persamaan berdasarkan SNI-03-1729-2015 Pasal J3.6 sebagai berikut :

Kekuatan Geser

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nv} \cdot A_b \\ &= 372 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \right) \\ &= 372 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \right) \\ &= 372 \text{ Mpa} \cdot 283,528 \text{ mm}^2 \\ &= 105472,69 \text{ N} \\ \phi R_n &= 0,75 \cdot R_n \\ &= 0,75 \cdot 105472,69 \text{ N} \\ &= 79104,51 \text{ N} \end{aligned}$$

$P_u < \phi R_n$

$$51738,32 \text{ N} < 79104,51 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kekuatan Tarik

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nt} \cdot A_b \\ &= 620 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \right) \\ &= 620 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) \\ &= 620 \text{ Mpa} \cdot 283,528 \text{ mm}^2 \\ &= 175787,81 \text{ N} \\ \phi R_n &= 0,75 \cdot R_n \\ &= 0,75 \cdot 124658,39 \text{ N} \\ &= 131840,86 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P_u < \phi R_n$$

$$51738,32 \text{ N} < 131840,86 \text{ N}$$

(Memenuhi)

b. Tahanan Tumpuan

Pada desain sambungan baut tipe tumpuan, kekuatan tarik yang tersedia harus mampu menahan kombinasi gaya tarik dan geser, maka digunakan persamaan berdasarkan SNI-03-1729-2015 Pasal J3.7 sebagai berikut :

$$R_n = F'_{nt} \cdot A_b$$

Dimana,

$$\begin{aligned} F'_{nt} &= 1,3 \cdot F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} \cdot f_{rv} \\ &= 1,3 \cdot 620 \text{ Mpa} - \frac{620 \text{ Mpa}}{0,75 \cdot 372 \text{ Mpa}} \cdot (0,6fy) \\ &= 1,3 \cdot 620 \text{ Mpa} - \frac{620 \text{ Mpa}}{0,75 \cdot 372 \text{ Mpa}} \cdot (0,6 \cdot 240 \text{ Mpa}) \\ &= 486 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F'_{nt} &\leq F_{nt} \\ 486 \text{ Mpa} &\leq 620 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

( Memenuhi )

Sehingga

$$\begin{aligned} R_n &= F'_{nt} \cdot A_b \\ R_n &= 486 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \right) \\ R_n &= 486 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \right) \\ R_n &= 486 \text{ Mpa} \cdot 283,528 \text{ mm}^2 \\ R_n &= 137794,96 \text{ N} \\ \phi R_n &= 0,75 \cdot R_n \\ &= 0,75 \cdot 137794,96 \text{ N} \\ &= 103346,22 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_u &< \phi R_n \\ 51738,32 \text{ N} &< 103346,22 \text{ N (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, diambil diambil gaya yang lebih besar yaitu tahanan tumpuan baut sebesar 131840,86 N

- Kontrol gaya yang diterima satu baut

$$V_u = \frac{37955,69}{n}$$

$$= 6325,94 \text{ N}$$

Syarat

$$V_u < R_n$$

$$6325,94 \text{ N} < 131840,86 \text{ N}$$

(Memenuhi)

- Periksa Interaksi geser dan lentur baut

$$h_1 = 100$$

$$h_2 = 100$$

$$\Sigma d^2 = 2h_1^2 + 2h_2^2$$

$$= 80000$$

Direncanakan 1 baris terdapat

$$d_{\max} = 2.h_1$$

$$= 180$$

$$T_u = M_u \cdot \frac{d_{\max}}{\Sigma d}$$

$$= 29663969 \cdot 0,003$$

$$T_u < T_n$$

$$37079,962 \text{ N} < 137794,96 \text{ N}$$

(Memenuhi)

#### 4.2.7.2 Perencanaan Sambungan Las Antar Kuda - Kuda

Panjang kaki las rencana (  $a$  ) = 4 mm

$$\begin{aligned}\text{Tebal efektif las ( } t_e \text{ )} &= 0,707 \cdot a \\ &= 0,707 \cdot 2 \text{ mm} \\ &= 1,414 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b &= b - t_w \\ &= 150 \text{ mm} - 6,5 \text{ mm} \\ &= 144 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d &= h - 2t_f \\ &= 300 \text{ mm} - 2 \cdot 9 \text{ mm} \\ &= 282 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang las total (L tot)} &= 2d + 2b \\ &= (2 \cdot 282 \text{ mm}) + \\ &\quad (2 \cdot 144 \text{ mm}) \\ &= 2 \cdot 851 \text{ mm}^2 \\ &= 1702 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Tinjauan Las sudut

Pada desain sambungan las, direncanakan las sudut dimana semua elemen adalah segaris atau sejajar dengan ukuran kaki seragam, untuk menghitung kekuatan geser maka digunakan persamaan berdasarkan SNI-03-1729-2015 Pasal J2-4 sebagai berikut :



$$R_n = F_{nw} \cdot A_{we}$$

Dimana

$$F_{EXX} = 70 \text{ Ksi}$$

$$= 482,633 \text{ Mpa}$$

(SNI-03-1729-2015 Pasal J2.6)

$$F_{nw} = 0,60 \cdot F_{EXX} \cdot (1,0 + 0,50 \cdot \sin^{1,5} \theta)$$

$$= 0,60 \cdot 482,633 \text{ Mpa} \cdot (1,0 + 0,50 \cdot \sin^{1,5} 30^\circ)$$

$$= 340,78 \text{ Mpa}$$

$$A_{we} = t_e \cdot L_{\text{tot}}$$

$$= 1,414 \text{ mm} \cdot 1704 \text{ mm}^2$$

$$= 1207 \text{ mm}^2$$

Sehingga

$$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we}$$

$$= 0,75 \cdot 340,78 \text{ Mpa} \cdot 1704 \text{ mm}^2$$

$$= 435009 \text{ N}$$

$$P_u < \phi R_n$$

$$51738,32 \text{ N} < 435009 \text{ N}$$

( Memenuhi )

- Tinjauan Plat

Kondisi leleh

$$\phi N_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y$$

$$= 0,75 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 240 \text{ Mpa}$$

$$= 64800000 \text{ N}$$

$$\phi R_{nt} = \phi \cdot f_t \cdot A_b$$

Dimana :

$$F_{uv} = \frac{v_u}{A_b} \leq 0,5 \cdot \phi f_u^b$$

$$= \frac{21786,58 \text{ N}}{283,385} \leq 0,5 \cdot 825 \text{ Mpa}$$

$$= 76,88 \text{ Mpa} \leq 309,375 \text{ Mpa}$$

(Memenuhi

$$f_t = (410 - 1,5 f_{uv}) \leq 310 \text{ Mpa}$$

$$= (410 - 1,5 \cdot 76,88 \text{ Mpa}) \leq 310 \text{ Mpa}$$

$$= 294,68 \leq 310 \text{ Mpa}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \phi R_{nt} &= \phi \cdot f_t \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 294,68 \text{ Mpa} \cdot 283,385 \text{ mm}^2 \\ &= 62631 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat Kondisi Leleh

$$T_u \leq \phi R_{nt}$$

$$37080 \text{ N} \leq 62631 \text{ N}$$

#### 4.2.8 Perhitungan Sambungan Kuda-Kuda dan Kolom Pendek

Perencanaan bangunan gedung Psikologi Universitas Surabaya direncanakan dengan struktur rangka atap baja sebagai penutup bangunannya. Setiap pertemuan profil pada rangka atap baja dihubungkan satu sama lain dengan menggunakan alat pengikat (*fastener*) atau penyambung. Adapun alat pengikat atau penyambung yang digunakan pada perencanaan Tugas Akhir ini adalah sambungan baut dan sambungan las.

##### a. Data Perencanaan

$$\begin{aligned} - \text{ Mutu besi} &= 37 \end{aligned}$$

- $F_y$	= 240 Mpa
- $F_u$	= 370 Mpa
- $F_{uw}$ (las)	= 490 Mpa
- $F_u^b$	= 825 Mpa
- $E$	= 200000
Mpa	
- Tegangan ijin	= 1600
$Kg/m^2$	
- $\Phi$ Leleh	= 0,9
- $\Phi$ Fraktur	= 0,75
- Diameter baut rencana	= 19 mm
- Tebal plat rencana	= 10 mm
- Jumlah baut rencana	= 8 buah
- Jarak pusat baut ke tepi ( $S_1$ )	= 60 mm
- Jarak pusat baut ke tepi ( $S_2$ )	= 32 mm
- Spasi antar baut ( $U$ )	= 60 mm
- Jarak tepi minimum	= 26 mm
(SNI-03-1729-2015 Pasal J3.4)	
- Jarak tepi maksimum	= $12t_p$
(SNI-03-1729-2015 Pasal J3.5)	
- Spasi minimum	= $2\frac{2}{3}d_b$
(SNI-03-1729-2015 Pasal J3.3)	
- Spasi maksimum	= $14t_p$
(SNI-03-1729-2015 Pasal J3.5)	
- Tegangan geser nominal ( $F_{nv}$ )	= 372 Mpa
(SNI-03-1729-2015 Tabel J3.2)	
- Tegangan tarik nominal ( $F_{nt}$ )	= 620 Mpa
(SNI-03-1729-2015 Tabel J3.2)	
- Panjang kaki las rencana ( $a$ )	= 2 mm

#### b. Output SAP

Dalam perencanaan sambungan antar kuda – kuda pemodelan gaya dalam diambil melalui analisa SAP

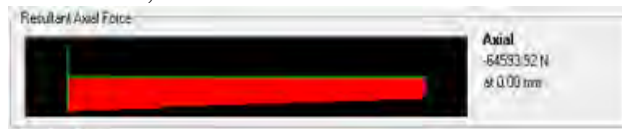
pada kombinasi terbesar yaitu  
 1,2D+1,2SDL+1L+1,6Lr sebagai berikut :



$M_u = 43720926 \text{ Nmm}$



$V_u = 24200,2 \text{ N}$



$P_u = 64593,92 \text{ N}$

$$\begin{aligned} V_u \sin \alpha &= 24200,2 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ \\ &= 12100,1 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \cos \alpha &= 24200,2 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ \\ &= 20957 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \sin \alpha &= 64593,92 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ \\ &= 32296,96 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \cos \alpha &= 64593,92 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ \\ &= 55939,93 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u H &= P_u \cos \alpha + V_u \cos \alpha \\ &= 55939,93 \text{ N} + 20957 \text{ N} \\ &= 76897,96 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u V &= P_u \sin \alpha - V_u \sin \alpha \\ &= 32296,96 \text{ N} - 12100,1 \text{ N} \\ &= 20196,86 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P_u \text{ terbesar} = 76897,96 \text{ N}$$

- c. Berdasarkan pada perhitungan perencanaan kuda – kuda, digunakan profil kuda – kuda sebagai berikut :

$$\text{Profil WF}_1 = 300 \cdot 150 \cdot 6,5 \cdot 9$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$t_w = 6,5 \text{ mm}$$

$$t_f = 9 \text{ mm}$$

$$\alpha \text{ (sudut atap)} = 30^\circ$$

#### 4.2.8.1 Perencanaan sambungan baut kuda – kuda dan kolom pendek

- Kontrol jarak pusat baut ke tepi terdekat  
 $\text{Jarak tepi minimum} \leq S_1 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$   
 $26 \text{ mm} \leq 60 \text{ mm} \leq 12 \cdot 8 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$   
 $22 \text{ mm} \leq 60 \text{ mm} \leq 96 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$   
**MEMENUHI**

$$\text{Jarak tepi minimum} \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$26 \text{ mm} \leq 36 \text{ mm} \leq 12 \cdot 8 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$26 \text{ mm} \leq 36 \text{ mm} \leq 96 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

**MEMENUHI**

(SNI-03-1729-2015 Pasal J3)

- Kontrol spasi antar elemen baut  
 $\text{Spasi minimum} \leq U \leq 14t_p \text{ atau } 180 \text{ mm}$   
 $\frac{2}{3} \cdot d_b \text{ mm} \leq 100 \text{ mm} \leq 14 \cdot 8 \text{ mm atau } 180 \text{ mm}$   
 $44,27 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm} \leq 112 \text{ mm atau } 180 \text{ mm}$   
**MEMENUHI**

(SNI-03-1729-2015 Pasal J3)

- a. Tahanan Nominal

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kekuatan geser dan tarik maka digunakan persamaan berdasarkan SNI-03-1729-2015 Pasal J3.6 sebagai berikut :

#### Kekuatan Geser

$$\begin{aligned}
 R_n &= F_{nv} \cdot A_b \\
 &= 372 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \right) \\
 &= 372 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \right) \\
 &= 372 \text{ Mpa} \cdot 283,528 \text{ mm}^2 \\
 &= 105472,69 \text{ N} \\
 \phi R_n &= 0,75 \cdot R_n \\
 &= 0,75 \cdot 105472,69 \text{ N} \\
 &= 79104,51 \\
 P_u &< \phi R_n \\
 76897,96 \text{ N} &< 79104,51 \text{ N} \\
 (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

#### Kekuatan Tarik

$$\begin{aligned}
 R_n &= F_{nt} \cdot A_b \\
 &= 620 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \right) \\
 &= 620 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \right) \\
 &= 620 \text{ Mpa} \cdot 283,528 \text{ mm}^2 \\
 &= 175787,81 \text{ N} \\
 \phi R_n &= 0,75 \cdot R_n \\
 &= 0,75 \cdot 124658,39 \text{ N} \\
 &= 131840,86 \text{ N} \\
 P_u &< \phi R_n \\
 76897,96 \text{ N} &< 131840,86 \text{ N} \\
 (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

b. Tahanan Tumpuan

Pada desain sambungan baut tipe tumpuan, kekuatan tarik yang tersedia harus mampu menahan kombinasi gaya tarik dan geser, maka digunakan persamaan berdasarkan SNI-03-1729-2015 Pasal J3.7 sebagai berikut :

$$R_n = F'_{nt} \cdot A_b$$

Dimana,

$$F'_{nt} = 1,3 \cdot F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} \cdot f_{rv}$$

$$= 1,3 \cdot 620 \text{ Mpa} - \frac{620 \text{ Mpa}}{0,75 \cdot 372 \text{ Mpa}} \cdot$$

(0,6fy)

$$= 1,3 \cdot 620 \text{ Mpa} - \frac{620 \text{ Mpa}}{0,75 \cdot 372 \text{ Mpa}} \cdot$$

(0,6 · 240 Mpa)

$$= 486 \text{ Mpa}$$

$$F'_{nt} \leq F_{nt}$$

$$486 \text{ Mpa} \leq 620 \text{ Mpa}$$

( Memenuhi )

Sehingga

$$R_n = F'_{nt} \cdot A_b$$

$$R_n = 486 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \right)$$

$$R_n = 486 \text{ Mpa} \cdot \left( \frac{1}{4} \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \right)$$

$$R_n = 486 \text{ Mpa} \cdot 283,53 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 137794,966 \text{ N}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot R_n$$

$$= 0,75 \cdot 137794,966 \text{ N}$$

$$= 103346,2246 \text{ N}$$

$$P_u < \phi R_n$$

$$76897,96 \text{ N} < 103346,2246 \text{ N (Memenuhi)}$$

Dari perhitungan diatas, diambil diambil gaya yang lebih besar yaitu tahanan tumpuan baut sebesar 103346,2246 N

- Kontrol gaya yang diterima satu baut

$$V_u = \frac{24200,2}{n}$$

$$= 8074,2 \text{ N}$$

Syarat

$$V_u < R_n$$

$$8074,2 \text{ N} < 131840,86 \text{ N}$$

(Memenuhi)

- Periksa Interaksi geser dan lentur baut

$$2.h1 = 100$$

$$2.h2 = 130$$

$$\Sigma d^2 = h1^2 + h2^2$$

$$= 107600$$

Direncanakan 1 baris terdapat

$$d_{max} = 2.h1$$

$$= 260$$

$$T_u = Mu \cdot \frac{d_{max}}{\Sigma d}$$

$$= 52822,6801$$

$$T_u < T_n$$

$$52822,6801 < 137794,966 \text{ N}$$

(Memenuhi)



#### 4.2.8.2 Perencanaan Sambungan Las Kuda – Kuda dan kolom pendek

$$\text{Panjang kaki las rencana ( } a \text{ )} = 2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal efektif las ( } t_e \text{ )} &= 0,707 \cdot a \\ &= 0,707 \cdot 2 \text{ mm} \\ &= 1,414 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= b - t_w \\ &= 150 \text{ mm} - 6 \text{ mm} \\ &= 144 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - 2t_f \\ &= 400 \text{ mm} - 2 \cdot 9 \text{ mm} \\ &= 382 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang las total (L tot)} &= 2d + 2b \\ &= (2 \cdot 382 \text{ mm}) + \\ &\quad (2 \cdot 144 \text{ mm}) \\ &= 2104 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Tinjauan Las sudut

Pada desain sambungan las, direncanakan las sudut dimana semua elemen adalah segaris atau sejajar dengan ukuran kaki seragam, untuk menghitung kekuatan geser maka digunakan persamaan berdasarkan SNI-03-1729-2015 Pasal J2-4 sebagai berikut :

$$R_n = F_{nw} \cdot A_{we}$$

Dimana

$$\begin{aligned}F_{EXX} &= 70 \text{ Ksi} \\&= 482,633 \text{ Mpa} \\&\quad (\text{SNI-03-1729-2015 Pasal J2.6})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{nw} &= 0,60 \cdot F_{EXX} \cdot (1,0 + 0,50 \cdot \\&\sin^{1,5} \theta) \\&= 0,60 \cdot 482,633 \text{ Mpa} \cdot (1,0 + 0,50 \cdot \\&\sin^{1,5} 30^\circ) \\&= 340,783 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{we} &= t_e \cdot L_{tot} \\&= 1,414 \text{ mm} \cdot 1052 \text{ mm}^2 \\&= 1487,75 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} \\&= 0,75 \cdot 340,783 \text{ Mpa} \cdot 1487,75 \text{ mm}^2 \\&= 537755,2003 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_u &< \phi R_n \\76897,96 \text{ N} &< 537755,2003 \text{ N} \\&(\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

- Tinjauan Plat

Kondisi leleh

$$\begin{aligned}\phi N_n &= \phi \cdot A_g \cdot f_y \\&= 0,75 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 240 \text{ Mpa} \\&= 64800000 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\phi R_{nt} = \phi \cdot f_t \cdot A_b$$

Dimana :

$$\begin{aligned}F_{uv} &= \frac{V_u}{A_b} \leq 0,5 \cdot \phi f_u^b \\&= \frac{24200,2 \text{ N}}{283,385} \leq 0,5 \cdot 825 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$= 85,396 \text{ Mpa} \leq 309,375 \text{ Mpa}$$

(Memenuhi)

$$f_t = (410 - 1,5 f_{uv}) \leq 310 \text{ Mpa}$$

$$= (410 - 1,5 \cdot 85,39 \text{ Mpa}) \leq 310 \text{ Mpa}$$

$$= 281,905 \leq 310 \text{ Mpa}$$

Sehingga :

$$\phi R_{nt} = \phi \cdot f_t \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 281,905 \text{ Mpa} \cdot 283,385 \text{ mm}^2$$

$$= 59916 \text{ N}$$

Syarat Kondisi Leleh

$$T_u \leq \phi R_{nt}$$

$$52822,6801 \text{ N} \leq 59916 \text{ N (memenuhi)}$$

## 4.3 PERHITUNGAN PEMBEBANAN STRUKTUR

### 4.3.1 Pembebanan Pelat

Komponen struktur pelat merupakan salah satu komponen struktur sekunder yang mana kondisi komponen struktur sekunder mengalami kehancuran lebih awal dari pada komponen struktur primer. Beban yang ada pada komponen struktur pelat disesuaikan dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG'83). Dan karena komponen struktur pelat merupakan salah satu komponen struktur sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) dengan

menggunakan kombinasi pembebanan yaitu 1,2 DL + 1,6 LL.

Pembebanan pelat lantai gedung :

- Beban pada pelat :
  - Beban mati (DL) pelat lantai :

Berat spesi (2 cm)	= 42 kg/m <sup>2</sup>
Keramik (1cm)	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Berat penggantung dan plafond	= 18 kg/m <sup>2</sup>
Pemipaan air bersih dan kotor	= 25 kg/m <sup>2</sup>
Instalasi listrik	= 40 kg/m <sup>2</sup>
	<hr/>
	149 kg/m <sup>2</sup>
  - Beban hidup (LL) pelat lantai :

Lantai	= 250 kg/m <sup>2</sup>
--------	-------------------------

#### 4.3.2 Pembebanan Tangga

Komponen struktur tangga merupakan salah satu komponen struktur sekunder yang mana kondisi komponen struktur sekunder mengalami kehancuran lebih awal dari pada komponen struktur primer. Beban yang ada pada komponen struktur tangga disesuaikan dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG'83). Dan karena komponen struktur tangga merupakan salah satu komponen struktur sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) dengan menggunakan kombinasi pembebanan yaitu 1,2 DL + 1,6 LL

- Beban pada pelat :
  - Beban mati (DL) pelat lantai :

Berat spesi (1 cm)	= 21 kg/m <sup>2</sup>
--------------------	------------------------

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Keramik (1cm)} & & = 24 \\
 \text{kg/m}^2 & & \\
 \text{Ralling} & = 10 \text{ kg/m}^2 & \\
 & \hline
 & 55 \text{ kg/m}^2 & 
 \end{array}$$

- Beban hidup (LL) pelat lantai :  
Pelat lantai tangga = 300 kg/m<sup>2</sup>

#### 4.3.3 Pembebanan Dinding

Pembebanan komponen struktur dinding didistribusikan pada komponen struktur balok dalam pemodelan struktur SAP2000 yang searah vertikal komponen struktur balok. Distribusi beban komponen struktur dinding ke komponen struktur balok dikarenakan beban pada komponen struktur dinding berupa beban luasan sedangkan beban pada struktur balok merupakan beban merata sehingga beban dinding harus dikonversikan ke beban balok. Pembebanan yang ada pada komponen struktur dinding disesuaikan dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG'83) yang menyatakan bahwa berat mati dinding dengan pasangan batu bata merah pasangan setengah bata yaitu sebesar 250 kg/m<sup>2</sup>. (PPIUG'83 tabel 2.1)

- Tinggi dinding setiap lantai :
  - Lantai 1 (H1) = 4,00 m
  - Lantai 2 (H2) = 4,50 m
  - Lantai 3 (H3) = 4,50 m
  - Lantai 4 (H4) = 4,50 m
- Tinggi dinding setiap lantai :
  - Beban merata dinding lt.1 =  $H_1 \times 250 \text{ kg/m}^2$   
= 1250 kg/m
  - Beban merata dinding lt.2 =  $H \times 250 \text{ kg/m}^2$   
= 1000 kg/m

- Beban merata dinding lt.3 =  $H3 \times 250 \text{ kg/m}^2$   
= 1000 kg/m
- Beban merata dinding lt.4 =  $H4 \times 250 \text{ kg/m}^2$   
= 1000 kg/m

#### 4.3.4 Pembebanan Gempa

##### **Perhitungan Beban Gempa**

Berdasarkan SNI 1726:2012 suatu bangunan gedung dibedakan menjadi dua kategori antara lain : bangunan gedung beraturan dan tidak beraturan. Pada penentuan kategori suatu bangunan gedung dapat dikategorikan sebagai bangunan gedung beraturan atau tidak beraturan haruslah memenuhi beberapa persyaratan yang tercantum pada tabel 10 untuk jenis ketidak beraturan horizontal dan tabel 11 untuk jenis ketidak beraturan vertikal.

Bangunan gedung Psikologi Universita Surabaya dalam kategori bangunan gedung beraturan, hal ini dikarenakan memenuhi persyaratan yang diatur pada tabel 10 untuk dikatakan tidak masuk kategori ketidak beraturan horizontal dikarenakan luas tonjolan pada bangunan tersebut kurang dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang menentukan. Dan juga memenuhi persyaratan tabel 11 dikatakan tidak masuk kategori ketidak beraturan vertical dikarenakan tinggi tiap lantai beraturan.

Karena tidak masuk dalam kategori ketidak beraturan struktur horizontal maupun vertical, maka Rusunawa Sumur Welut termasuk ke dalam bangunan dengan struktur beraturan.



Diketahui :

$$\text{Tinggi tiap lantai} = 3,96 \text{ m}$$

$$\text{Dimensi kolom} = 60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$$

$$\text{Mutu beton} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \diamond \quad \text{Modulus elastisitas (E)} &= 4700\sqrt{F_c'} \\ &= 4700\sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond \quad \text{Momen inersia (I)} &= \frac{1}{12} (60 \text{ cm}). (60 \text{ cm})^3 \\ &= 756000 \text{ cm}^4 \\ &= 0,00756 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond \quad \text{K lantai 1} &= \frac{3(EI)}{L^3} \\ &= \frac{3(25742,96.0,00756)}{3,96^3} \\ &= 9.402 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\diamond \quad \frac{K \text{ lantai 1}}{K \text{ lantai 2}} < 0.7 \rightarrow \text{maka bangunan termasuk dalam kategori tidak beraturan vertikal}$$

$$\diamond \quad \frac{9.402}{9.402} > 0.7 \rightarrow (\text{gedung termasuk beraturan vertical})$$

## Perhitungan Statik Ekuivalen

Berdasarkan penjelasan diatas bahwa bangunagedung Rusunawa Sumur Welut termasuk dalam kategori bangunan beraturan. Sehingga pada perhitungan pembebanan gempa menggunakan analisis perhitungan static ekivalen.

### Beba-Beban

Beban Gempa yang terjadi tiap lantai

1. W0  
Setengah beban pada lantai dasar
2. W1  
Setengah beban pada lantai dasar dan setengah beban pada lantai 2
3. W2  
Setengah beban pada lantai 2 dan setengah beban pada lantai ke3
4. W3  
Setengah beban pada lantai 3 dan setengah beban pada lantai 4
5. W4  
Setengah beban pada lantai 4 dan dan beban atap baja



1. Berat lantai dasar (W0)
  - a. Beban mati

*Tabel 4. 1 Berat Struktur Lantai 1*

STRUKTUR	N	P	b	h	BJ	qd
	buah	m	m	m	kg/m <sup>3</sup>	kg
Kolom K1 60/60	27	3.0	0.60	0.60	2400	69517.4
Kolom K4 30/30	3	3.0	0.30	0.30	2400	1931.0
Kolom K4 30/30	1	1.0	0.30	0.30	2400	216.0
Kolom 12/20	2	2.0	0.12	0.20	2400	228.1
Balok G2 30/45	24	4.5	0.30	0.45	2400	34992.0
Balok G1 45/65	18	9.0	0.45	0.65	2400	113724.0
Balok anak B1 20/40	16	4.5	0.20	0.40	2400	13824.0

Balok 20/30	7	3.1	0.20	0.30	2400	3124.8
Balok 20/30	1	5.0	0.20	0.30	2400	723.6
Balok 20/40	1	4.9	0.20	0.40	2400	931.2
Balok G2 30/50-30/45	1	9.2	0.30	0.45	2400	2964.6
Balok G3 30/60-40/60	1	8.1	0.40	0.60	2400	4636.8
Plat tipe S1	2	4.5	4.50	0.12	2400	11664.0
Plat tipe S3	30	4.5	4.50	0.12	2400	174960.0
Plat tipe S3	1	17.2	3.10	0.12	2400	15356.2
Plat bordes T1	1	4.5	1.95	0.15	2400	3150.9
Plat bordes K1	1	3.1	1.40	0.15	2400	1556.8
Plat bordes T2	1	3.1	1.43	0.15	2400	1590.3
Plat tangga T1 (setengah atas)	1	3.7	2.13	0.15	2400	2865.7
Plat tangga K1 (setengah atas)	1	4.0	1.55	0.15	2400	2234.1
Plat tangga T2 (setengah atas)	1	4.0	1.45	0.15	2400	2099.1
Balok bordes 20/40	2	4.5	0.20	0.40	2400	1728.0

Balok bordes 20/30	2	3.1	0.20	0.30	2400	892.8
TOTAL (kg)	464911.513					

DINDING	N	P	T	Beban	qd
	buah	m	m	kg/m <sup>2</sup>	kg
Dinding luar sumbu x	13	4.5	3.96	250	57915
Dinding luar sumbu y	4	9	3.96	250	35640
Dinding dalam sumbu x	1	11.9	3.96	250	11781
Dinding dalam sumbu y	1	33.326	3.96	250	32992.74
TOTAL (kg)	138328.74				

TANGGA	N	lebar	Lx	Ly	BJ	qd
	buah	m	m	m	kg/m <sup>3</sup>	kg
Anak tangga T1	11	2.125	0.18	0.3	2400	1514.7
Anak tangga T2	11	1.3	0.18	0.3	2400	926.64

Anak tangga K1	11	1.3	0.18	0.3	2400	926.64
TOTAL (kg)	3367.98					

b. Beban hidup

TANGGA	Lx	Ly (datar)	Beban hidup	ql
	m	m	kg/m <sup>2</sup>	kg
plat	36	18	250	162000
plat	3.1	17.2	250	13330
Plat tangga T1	2.125	3.18	300	2027.25
Plat bordes T1	1.945	4.50	300	2625.75
Plat tangga T2	1.45	3.50	300	1522.5
Plat bordes T2	1.425	3.10	300	1325.25
Plat tangga K1	1.550	3.48	300	1618.2
Plat bordes K1	1.395	3.10	300	1297.35
TOTAL (kg)	185746.3			

W 0 str = 464911.513 kg  
W 0 hm = 792354.533 kg

2. Berat lantai 2 (W1)
  - a. Beban mati

*Tabel 4. 2 Berat Struktur Lantai 2*

STRUKTUR	N	P	b	h	BJ	qd
	buah	m	m	m	kg/m <sup>3</sup>	kg
Kolom K1 60/60	27	3.96	0.60	0.60	2400	92378.88
Kolom K4 30/30	3	3.96	0.30	0.30	2400	2566.08
Kolom 12/20	2	3.96	0.12	0.20	2400	456.19
Balok G1 45/65	18	9.00	0.45	0.65	2400	113724.00
Balok G2 30/45	24	4.50	0.30	0.45	2400	34992.00
Balok G2 30/45	1	6.10	0.30	0.45	2400	1976.40
Balok G3 40/60	1	8.05	0.40	0.60	2400	4636.80
Balok G4 20/30	1	3.10	0.20	0.30	2400	446.40

Balok B1 20/40	16	4.50	0.20	0.40	2400	13824.00
Balok B1 20/40	1	4.85	0.20	0.40	2400	931.20
Balok B3 20/30	4	3.10	0.20	0.30	2400	1785.60
Balok B3 20/30	3	1.68	0.20	0.30	2400	723.60
Balok lisplang 15/30	2	38.00	0.15	0.30	2400	8208.00
Balok lisplang 15/30	1	21.00	0.15	0.30	2400	2268.00
Balok lisplang 15/30	1	6.85	0.15	0.30	2400	739.80
balok kantilever CG1 25/50	18	1.50	0.25	0.50	2400	8100.00
balok kantilever CG2 25/30	7	1.00	0.25	0.30	2400	1260.00
Balok bordes 20/40	2	4.50	0.20	0.40	2400	1728.00
Balok bordes 20/30	2	3.10	0.20	0.30	2400	892.80
Plat tipe S1	2	4.50	4.50	0.12	2400	11664.00
Plat tipe S3	28	4.50	4.50	0.12	2400	163296.00
Plat tipe S2	1	3.88	4.50	0.12	2400	5022.00
Plat tipe S2	1	4.35	3.10	0.12	2400	3883.68

plat kantilever S5	2	38.00	1.50	0.12	2400	32832.00
plat kantilever S4	1	21.85	1.00	0.12	2400	6292.80
Plat bordes T1	1	4.50	1.95	0.15	2400	3150.90
Plat bordes T2	1	3.10	1.43	0.15	2400	1590.30
Plat bordes K1	1	3.10	1.40	0.15	2400	1556.82
Plat tangga T1 (setengah bawah)	1	3.75	2.13	0.15	2400	2865.72
Plat tangga T1 (setengah atas)	1	3.75	2.13	0.15	2400	2865.72
Plat tangga T2 (setengah bawah)	1	4.02	1.55	0.15	2400	2243.85
Plat tangga T2 (setengah atas)	1	4.02	1.45	0.15	2400	2099.09
Plat tangga K1 (setengah bawah)	1	4.00	1.45	0.15	2400	2090.01
Plat tangga K1 (setengah atas)	1	4.00	1.55	0.15	2400	2234.15
TOTAL (kg)	535324.7923					

DINDING	N	P	T	Beban	qd
	buah	m	m	kg/m <sup>2</sup>	kg
Dinding luar sumbu x	16	4.5	3.96	250	71280
Dinding luar sumbu y	4	9	3.96	250	35640
Dinding dalam sumbu x	1	13.6	3.96	250	13464
Dinding dalam sumbu y	1	30.276	3.96	250	29973.24
TOTAL (kg)	150357.24				

TANGGA	N	t	Lx	Ly	BJ	qd
	buah	m	m	m	kg/m <sup>3</sup>	kg
Anak tangga T1	22	2.125	0.18	0.3	2400	3029.4
Anak tangga T2	22	1.3	0.18	0.3	2400	1853.28
Anak tangga K1	22	1.3	0.18	0.3	2400	1853.28
TOTAL (kg)	6735.96					



b. Beban hidup

TANGGA	Lx	Ly (datar)	Beban hidup	ql
	m	m	kg/m <sup>2</sup>	kg
pelat	36	18	250	162000
pelat	3.1	17.2	250	13330
Plat kantilever	1	135.85	100	13585
Plat tangga T1 (setengah bawah)	2.125	3.18	300	2027.25
Plat tangga T1 (setengah atas)	2.125	3.18	300	2027.25
Plat bordes T1	1.945	4.5	300	2625.75
Plat tangga T2 (setengah bawah)	1.55	3.5	300	1627.5
Plat tangga T2 (setengah atas)	1.45	3.5	300	1522.5
Plat bordes T2	1.423	3.1	300	1323.39
Plat tangga K1 (setengah bawah)	1.45	3.48	300	1513.8
Plat tangga K1 (setengah atas)	1.55	3.48	300	1618.2
Plat bordes K1	1.39	3.1	300	1292.7
Jumlah (kg)	204493.34			

Lubang pada plat

Lubang tangga T1	4.5	5.13	250	5771.25
Lubang tangga T2	3.1	4.93	250	3820.75
Lubang tangga K1	3.1	4.15	250	3216.25
Jumlah (Kg)	12808.25			
TOTAL (Kg)	191685.09			

W 1 str = 535324,79 kg

W 1 hm = 884103,08 kg

### 3. Berat lantai 3 (W2)

#### a. Beban mati

*Tabel 4. 3 Berat Struktur Lantai 3*

STRUKTUR	N	P	b	h	BJ	qd
	buah	m	m	m	kg/m <sup>3</sup>	kg

Kolom K1 60/60	27	3.96	0.60	0.60	2400	92378.88
Kolom K4 30/30	3	3.96	0.30	0.30	2400	2566.08
Kolom 12/20	2	3.96	0.12	0.20	2400	456.19
Balok G1 45/65	18	9.00	0.45	0.65	2400	113724.00
Balok G2 30/45	24	4.50	0.30	0.45	2400	34992.00
Balok G2 30/45	1	6.10	0.30	0.45	2400	1976.40
Balok G3 40/60	1	8.05	0.40	0.60	2400	4636.80
Balok G4 20/30	1	3.10	0.20	0.30	2400	446.40
Balok B1 20/40	16	4.50	0.20	0.40	2400	13824.00
Balok B1 20/40	1	4.85	0.20	0.40	2400	931.20
Balok B3 20/30	4	3.10	0.20	0.30	2400	1785.60
Balok B3 20/30	3	1.68	0.20	0.30	2400	723.60
Balok lisplang 15/30	2	38.00	0.15	0.30	2400	8208.00
Balok lisplang 15/30	1	21.00	0.15	0.30	2400	2268.00
Balok lisplang 15/30	1	6.85	0.15	0.30	2400	739.80
balok kantilever CG1 25/50	18	1.50	0.25	0.50	2400	8100.00

balok kantilever CG2 25/30	7	1.00	0.25	0.30	2400	1260.00
Balok bordes 20/40	2	4.50	0.20	0.40	2400	1728.00
Balok bordes 20/30	2	3.10	0.20	0.30	2400	892.80
Plat tipe S1	2	4.50	4.50	0.12	2400	11664.00
Plat tipe S3	28	4.50	4.50	0.12	2400	163296.00
Plat tipe S2	1	3.88	4.50	0.12	2400	5022.00
Plat tipe S2	1	4.35	3.10	0.12	2400	3883.68
plat kantilever S5	2	38.00	1.50	0.12	2400	32832.00
plat kantilever S4	1	21.85	1.00	0.12	2400	6292.80
Plat bordes T1	1	4.50	1.95	0.15	2400	3150.90
Plat bordes T2	1	3.10	1.43	0.15	2400	1590.30
Plat bordes K1	1	3.10	1.40	0.15	2400	1556.82
Plat tangga T1 (setengah bawah)	1	3.75	2.13	0.15	2400	2865.72
Plat tangga T1 (setengah atas)	1	3.75	2.13	0.15	2400	2865.72

Plat tangga T2 (setengah bawah)	1	4.02	1.55	0.15	2400	2243.85
Plat tangga T2 (setengah atas)	1	4.02	1.45	0.15	2400	2099.09
Plat tangga K1 (setengah bawah)	1	4.00	1.45	0.15	2400	2090.01
Plat tangga K1 (setengah atas)	1	4.00	1.55	0.15	2400	2234.15
TOTAL (kg)	535324.7923					

DINDING	N	P	T	Beban	qd
	buah	m	m	kg/m2	kg
Dinding luar sumbu x	16	4.5	3.96	250	71280
Dinding luar sumbu y	4	9	3.96	250	35640
Dinding dalam sumbu x	1	13.6	3.96	250	13464
Dinding dalam sumbu y	1	30.276	3.96	250	29973.24
TOTAL (kg)	150357.24				

TANGGA	N	t	Lx	Ly	BJ	qd
	buah	m	m	m	kg/m <sup>3</sup>	kg
Anak tangga T1	22	2.125	0.18	0.3	2400	3029.4
Anak tangga T2	22	1.3	0.18	0.3	2400	1853.28
Anak tangga K1	22	1.3	0.18	0.3	2400	1853.28
TOTAL (kg)	6735.96					

b. Beban hidup

TANGGA	Lx	Ly (datar)	Beban hidup	ql
	m	m	kg/m <sup>2</sup>	kg
pelat	36	18	250	162000
pelat	3.1	17.2	250	13330
Plat kantilever	1	135.85	100	13585
Plat tangga T1 (setengah bawah)	2.125	3.18	300	2027.25
Plat tangga T1 (setengah atas)	2.125	3.18	300	2027.25
Plat bordes T1	1.945	4.5	300	2625.75

Plat tangga T2 (setengah bawah)	1.55	3.5	300	1627.5
Plat tangga T2 (setengah atas)	1.45	3.5	300	1522.5
Plat bordes T2	1.423	3.1	300	1323.39
Plat tangga K1 (setengah bawah)	1.45	3.48	300	1513.8
Plat tangga K1 (setengah atas)	1.55	3.48	300	1618.2
Plat bordes K1	1.39	3.1	300	1292.7
Jumlah (kg)	204493.34			

Lubang pada plat

Lubang tangga T1	4.5	5.13	250	5771.25
Lubang tangga T2	3.1	4.93	250	3820.75
Lubang tangga K1	3.1	4.15	250	3216.25
Jumlah (Kg)	12808.25			
TOTAL (Kg)	191685.09			

W 2 str = 535324,79 kg

W 2 hm = 884103,08 kg

4. Berat lantai 4 (W3)  
 a. Beban mati

*Tabel 4. 4 Berat Struktur Lantai 4*

STRUKTUR	N	P	b	h	BJ	qd
	buah	m	m	m	kg/m <sup>3</sup>	kg
Kolom K1 60/60	20	3.96	0.60	0.60	2400	68428.80
Kolom K1 60/60	7	1.98	0.60	0.60	2400	11975.04
Kolom K4 30/30	3	3.96	0.30	0.30	2400	2566.08
Kolom 12/20	2	3.96	0.12	0.20	2400	456.19
Balok G1 45/65	18	9.00	0.45	0.65	2400	113724.00
Balok G2 30/45	24	4.50	0.30	0.45	2400	34992.00
Balok G2 30/45	1	6.10	0.30	0.45	2400	1976.40
Balok G3 40/60	1	8.05	0.40	0.60	2400	4636.80
Balok G4 20/30	1	3.10	0.20	0.30	2400	446.40
Balok B1 20/40	16	4.50	0.20	0.40	2400	13824.00
Balok B1 20/40	1	4.85	0.20	0.40	2400	931.20



Balok B3 20/30	4	3.10	0.20	0.30	2400	1785.60
Balok B3 20/30	3	1.68	0.20	0.30	2400	723.60
Balok lisplang 15/30	2	38.00	0.15	0.30	2400	8208.00
Balok lisplang 15/30	1	21.00	0.15	0.30	2400	2268.00
Balok lisplang 15/30	1	6.85	0.15	0.30	2400	739.80
balok kantilever CG1 25/50	18	1.50	0.25	0.50	2400	8100.00
balok kantilever CG2 25/30	7	1.00	0.25	0.30	2400	1260.00
Plat tipe S1	2	4.50	4.50	0.12	2400	11664.00
Plat tipe S3	28	4.50	4.50	0.12	2400	163296.00
Plat tipe S2	1	3.88	4.50	0.12	2400	5022.00
Plat tipe S2	1	4.35	3.10	0.12	2400	3883.68
plat kantilever S5	2	38.00	1.50	0.12	2400	32832.00
plat kantilever S4	1	21.85	1.00	0.12	2400	6292.80
Plat tangga T1 (setengah bawah)	1	3.75	2.13	0.15	2400	2865.72

Plat tangga K1 (setengah bawah)	1	4.00	1.45	0.15	2400	2090.01
Plat tangga T2 (setengah bawah)	1	4.02	1.55	0.15	2400	2243.85
TOTAL (kg)	507231.9753					

DINDING	N	P	T	Beban	qd
	buah	m	m	kg/m <sup>2</sup>	kg
Dinding luar sumbu x	16	4.50	3.96	250	71280
Dinding luar sumbu y	4	9.00	3.96	250	35640
Dinding dalam sumbu x	1	13.60	3.96	250	13464
Dinding dalam sumbu y	1	30.28	3.96	250	29973.24
TOTAL (kg)	150357.24				

TANGGA	N	t	Lx	Ly	BJ	qd
	buah	m	m	m	kg/m <sup>3</sup>	kg

Anak tangga T1	11	2.13	0.18	0.3	2400	1514.7
Anak tangga T2	11	1.3	0.18	0.3	2400	926.64
Anak tangga K1	11	1.3	0.18	0.3	2400	926.64
TOTAL (kg)	3367.98					

b. Beban hidup

TANGGA	Lx	Ly	Beban hidup	ql
	m	m	kg/m <sup>2</sup>	kg
pelat	36	18	250	162000
pelat	3.1	17.2	250	13330
Plat kantilever	1	135.85	100	13585
Plat tangga T1 (setengah bawah)	2.13	3.18	300	2027.25
Plat bordes T1	1.95	4.5	300	2625.75
Plat tangga T2 (setengah bawah)	1.55	3.5	300	1627.5
Plat bordes T2	1.42	3.1	300	1323.39
Plat tangga K1 (setengah bawah)	1.45	3.48	300	1513.8

Plat bordes K1	1.39	3.1	300	1292.7
Jumlah (kg)	199325.39			

Lubang pada plat

Lubang tangga T1	4.5	5.13	250	5771.25
Lubang tangga T2	3.1	4.93	250	3820.75
Lubang tangga K1	3.1	4.15	250	3216.25
Jumlah (Kg)	12808.25			
TOTAL (kg)	186517.14			

W 3 str = 507231,97 kg

W 3 hm = 847474,33 kg

5. Berat rantai ayap (W4)

a. Beban mati

*Tabel 4. 5 Berat Struktur Rantai 4*

STRUKTUR	N	P	b	h	BJ	qd
----------	---	---	---	---	----	----

	buah	m	m	m	kg/m3	kg
Kolom K1 60/60	20	1.98	0.6	0.6	2400	34214.4
Kolom atap 40/40	24	0.45	0.4	0.4	2400	4147.2
Kolom K4 30/30	3	1.98	0.3	0.3	2400	1283.04
Kolom 12/20	2	1.98	0.12	0.2	2400	228.096
Balok G1 45/65	4	9	0.45	0.65	2400	25272
Balok G2 30/45	16	4.5	0.3	0.45	2400	23328
Balok G2 30/45	1	6.1	0.3	0.45	2400	1976.4
Balok G3 40/60	1	8.05	0.4	0.6	2400	4636.8
Balok G4 20/30	1	3.1	0.2	0.3	2400	446.4
Balok B3 20/30	4	3.1	0.2	0.3	2400	1785.6
Balok lisplang 15/30	2	38	0.15	0.3	2400	8208
Balok lisplang 15/30	1	21	0.15	0.3	2400	2268
Balok lisplang 15/30	1	6.85	0.15	0.3	2400	739.8
balok kantilever CG1 25/50	18	1.5	0.25	0.5	2400	8100

balok kantilever CG2 25/30	7	1	0.25	0.3	2400	1260
Plat tipe S2	1	4.93	3.1	0.12	2400	4401.504
Plat tipe S2	1	4.87	3.1	0.12	2400	4347.936
Plat tipe S2	1	4.35	3.1	0.12	2400	3883.68
plat kantilever S5	2	38	1.5	0.12	2400	32832
plat kantilever S4	1	21.85	1	0.12	2400	6292.8
struktur baja						13881.12
TOTAL (kg)	183532.776					

b. Beban hidup

TANGGA	Lx	Ly	Beban hidup	ql
	m	m	kg/m <sup>2</sup>	kg
Plat kantilever	1	135.85	100	13585
atap genteng	18	36	50	32400

pekerja	18	36	100	64800
TOTAL (kg)	110785			

W 4 str = 183523.78 kg

W 4 hm = 294317.78 kg

W total Str = 222325,8 kg

W total hm = 3702352,81 kg

Syarat bangunan tahan gempa dengan sistem rangka pemikul momen menengah

1. Untuk penggunaan sistem rangka pemikul momen menengah harus memenuhi kategoridesain seismic (KDS) C. (SNI 2847-2013)
2. Menurut SNI gempa 2012 KDS C harus memenuhi persyaratan pada tabel 6 dan tabel 7

*Tabel 4. 6 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan periode perdetik*

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

*Tabel 4. 7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter percepatan periode 1 detik*

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Mencari nilai N-SPT



Tabel 4. 8 Nilai N-SPT

Lapisan ke- <i>i</i>	Tebal lapisan ( <i>di</i> )	Deskripsi jenis tanah	Nilai N-SPT
1	6	Lempung berlanau Berpassir berkerikil	50,5
2	4	Pasir berkerikil Berlempung berlanau	47,5
3	12	Lempung berlanau berpasir	53,67
4	3	Pasir berkerikil Berlempung berlanau	60
5	5	Lempung berlanau	57,3

Mencari kategori tanah

$$\sum di = 30$$

$$\frac{\sum di}{Ni} = 0,564$$

$$\frac{\sum di}{\sum di / Ni} = 53,2$$

Dengan nilai N = 53,2 termasuk dalam kategori tanah keras (SC)

**(SNI 1726-2012, tabel 3)**

Perencanaan gempa tahunan

Untuk bangunan gedung Psikologi Universitas Surabaya ini direncanakan gempa 2500 tahun dari peta hazard didapatkan nilai  $S_s$  dan  $S_1$  untuk gempa 2500 tahun sebagai berikut

*Tabel 4. 9 Nilai  $S_s$  dan  $S_1$*

$S_s$	=	0,41	Gambar 8 peta hazard indonesia
$S_1$	=	0,1	Gambar 9 peta hazard Indonesia
$F_a$	=	1,2	Tabel 4 (SNI Gempa 2012)
$F_v$	=	1,7	Tabel 5 (SNI Gempa 2012)
$S_{MS}$	=	0,492	
$S_{M1}$	=	0,17	
$S_{DS}$	=	0,328	Memenuhi syarat KDS C
$S_{D1}$	=	0,113	Memenuhi syarat KDS C
$C_u$	=	1,7	Tabel 14 (SNI Gempa 2012)

$$\begin{aligned}
 S_{ms} &= F_a \cdot S_s \\
 &= 1,2 \times 0,41 \\
 &= 0,492
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{m1} &= F_v \cdot S_1 \\
 &= 1,7 \times 0,1 \\
 &= 0,17
 \end{aligned}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{ms}$$

$$= \frac{2}{3} \times 0,492$$

$$= 0,328$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI}$$

$$= \frac{2}{3} \times 0,17$$

$$= 0,113$$

### **Periode fundamental pendekatan**

Nilai  $C_t$  untuk rangka beton pemikul momen = 0,0466  
**(Tabel 15 SNI 1726-2012)**

$H_m$  (ketinggian gedung) = 15,84 m

$$X = 0,9$$

$$T_a = C_t \cdot (h_m)^x$$

$$= 0,559$$

$$T_c = 0,67669 \quad (\text{dari SAP})$$

Syarat

$$T_a < T_c < C_u \cdot T_a$$

$$0,559 < 0,67669 < 0,952$$

$$\text{Maka } T = T_c = 0,67669$$

### **Koefisien respon seismic ( $C_s$ )**

$$\text{Faktor keutamaan (Ie)} = 1,5$$

(Tabel 2, SNI Gempa 2012)

$$\text{Faktor reduksi (R)} = 5$$

(Tabel 9, SNI Gempa 2012)

$$C_s = S_d s / \frac{R}{I_e} = 0,098$$

Syarat

nilai tidak lebih dari  $S_d 1 / T \frac{R}{I_e} = 0,050$

nilai  $C_s$  tidak boleh kurang dari  $0,044 \cdot S_d s \cdot I_e \geq 0,01 = 0,022$

Maka didapat nilai  $C_s = 0,050$

### **Geser dasar seismik (V)**

$$\begin{aligned} V &= C_s \cdot W \text{ total} \\ &= 0,050 \times 3702352,81 \text{ kg} \\ &= 186023,135 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk nilai  $T < 0,5s$  maka nilai  $k = 1$

Untuk nilai  $T > 2,5s$  maka nilai  $k = 2$

Untuk nilai  $0,5s < T < 2,5s$  maka nilai  $k$  dengan interpolasi

Nilai  $T = 0,6769$  maka nilai  $k = 1.1145$

Gaya gempa

*Tabel 4. 10 Gaya Geser Seismik*

Lantai	hx (m)	wx (kg)	$Wx \cdot Hx^K$ (kgm)	Cvx	V=Cs.W	Fx-y (kg)
Dasar	0	792354.5	0	0	186023.14	0
1	3.96	884103.1	2243661	0.18298	186023.14	34038.729
2	7.92	884103.08	3586421	0.29249	186023.14	54409.824
3	11.88	847474.34	4523182	0.36889	186023.14	68621.494
4	15.84	294317.8	1908441	0.15564	186023.14	28953.089
Jumlah		3702353	12261706	1		186023.14

gaya gempa untuk di masukkan ke SAP

*Tabel 4. 11 Gaya Gempa arah X*

Lantai	As		
	A	B	C

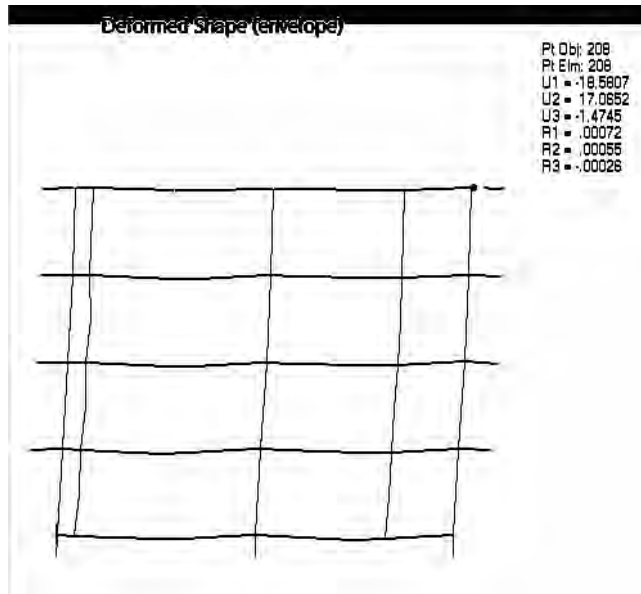
Dasar	0	0	0
1	8509.7	17019.4	8509.7
2	13602.5	27204.9	13602.5
3	17155.4	34310.7	17155.4
4	7238.3	14476.5	7238.3

*Tabel 4. 12 Gaya Gempa Arah Y*

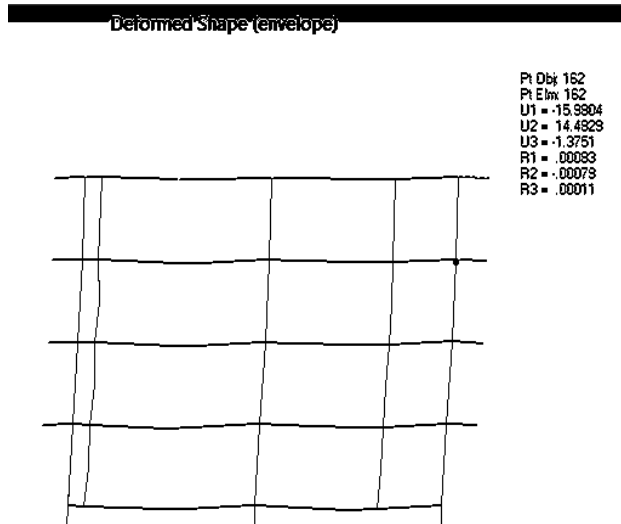
[illegible]

### Kontrol simpangan antar tingkat

Simpangan antar tingkat adalah selisih pergoyangan pada suatu tingkat dengan tinngkat dibawahnya



*Gambar 4. 20 Simpangan lantai 2 ( $\delta_4 = 18,58$ ) kombinasi envelope*



*Gambar 4. 21 Gambar Simpangan lantai 4 ( $\delta_3 = 15,9 \text{ mm}$ ) kombinasi envelope*

Gambar simpangan lantai 4 ( $\delta_3 = 15,9 \text{ mm}$ ) kombinasi envelope

Pemeriksaan simpangan antar lantai (Story Drift)

Simpangan antara Lantai 4 dan Lantai 3 =  $(\delta_4 - \delta_3) = (18,58 - 15,9) = 2,68 \text{ mm}$

Tinggi tiap tingkat (H) = 3,96 m.

Faktor Pembesaran Defleksi untuk SRPMM (Cd) = 4

Faktor Keutamaan Gempa (Ie) = 1,5

Simpangan antara lantai yang diijinkan untuk gedung dengan



$$\text{kriteria risiko IV} = \Delta a = 0,015.H$$

Simpangan yang diperbesar

$$= \Delta 4 = (\delta 4 - \delta 3).Cd/Ie$$

$$= 2,68 \times 4/1,5$$

$$= 7,15 \text{ mm}$$

$$\text{Story drift} = 7,15 \text{ mm} < 0,015.(3960) = 59,4 \text{ mm}$$

(memenuhi syarat)

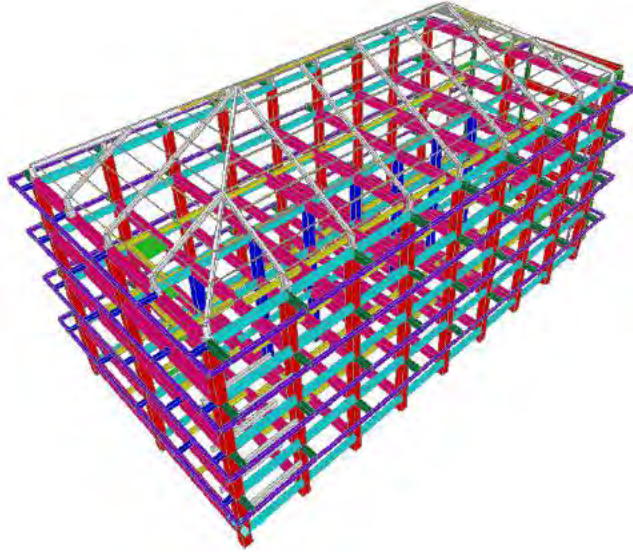
### 4.3 ANALISIS STRUKTUR

#### 4.3.1 Permodelan Struktur

Dalam analisa struktur pada perencanaan struktur Gedung Psikologi Universitas Surabaya menggunakan program bantu SAP 2000 versi 14.2.2.

Penggunaan program bantu SAP2000 dikarenakan untuk mempercepat dan mempermudah dalam memproses analisa struktur gedung. Sehingga mendapatkan hasil analisa struktur gedung dan kemudian dilanjutkan dalam proses perhitungan selanjutnya. Dimana komponen struktur dari gedung ada yang dimodelkan seperti balok, kolom, pelat dan tangga, namun ada komponen struktur yang tidak dimodelkan yaitu sloof.

Pada program SAP2000 diasumsikan menggunakan perletakan jepit pada dasar perletakan pemodelan struktur gedung. Dan untuk perencanaan terhadap gempa akan digunakan analisa pembebanan gempa beban statik ekuivalen.



*Gambar 4. 22 Struktur 3D*

- Permodelan komponen struktur tangga  
 Pemodelan struktur tangga dalam proyek akhir ini menggunakan bantuan program analisa SAP2000 dimana komponen struktur tangga ini dimasukkan dalam pemodelan struktur utama. Adapun data-data pemodelan adalah sebagai berikut:
  - a. Perletakan : jepit-sendi-jepit
  - b. Beban : dead load (DL) dan live load (LL)
  - c. Kombinasi :  $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
  - d. Distribusi : uniform shell load) untuk semua beban DL dan LL, besarnya sesuai dengan pembebanan tangga.

#### 4.3.2 Beban rencana struktur

Perencanaan struktur Gedung Psikologi Universitas Surabaya didalam analisa struktur SAP2000 dibebani oleh beban rencana (load cases), antara lain:

1. Beban mati (DL atau Dead Load)
2. Beban hidup (LL atau Live Load)
3. Beban gempa (EQL atau Earth Quake Load)

#### 4.4 PERHITUNGAN PENULANGAN PLAT

##### 4.4.1 Perencanaan dan Penulangan Plat

Pelat / slab adalah bidang tipis yang menahan beban-beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan. Dalam design, gaya-gaya pada pelat bekerja menurut aksi satu arah dan dua arah. Jika perbandingan dari bentang panjang ( $L_y$ ) terhadap bentang pendek ( $L_x$ ) besarnya 2 kali lebar atau lebih, maka semua beban lantai menuju balok-balok sebagian kecil akan menyalur secara langsung ke gelagar. Sehingga pelat dapat direncanakan sebagai pelat satu arah (one way slab), dengan tulangan utama yang sejajar dengan gelagar dan tulangan susut dan suhu yang sejajar dengan balok-balok. Sedangkan bila perbandingan dari bentang panjang ( $L_y$ ) terhadap bentang pendek ( $L_x$ ) besarnya lebih dari 2, maka seluruh beban lantai menyebabkan permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda. Beban lantai dipikul dalam kedua arah oleh empat balok pendukung disekelilingnya, dengan demikian, panel disebut pelat 2 arah (two way slab), dengan tulangan utama dipasang 2 arah yaitu searah sumbu  $x$  dan searah sumbu  $y$ , sedangkan tulangan susut dan suhu

dipasang mengitari pelat tersebut. (Desain Beton Bertulang, oleh C.K.Wang dan C.G.Salmon Bab 16).

Pelat direncanakan menerima beban berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) berdasarkan fungsi tiap lantai, kombinasi pembebanan yang digunakan adalah :

$$U = 1,2 DL + 1,6 LL$$

Dimana :



U = Beban ultimate pelat

DL = Beban mati pelat

LL = Beban hidup pelat

Tabel 4. 13 Tabel Momen Plat

Tipe Pelat	Momen	by / bc															
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
I	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32
II	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	8
III	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
IV	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	63
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	13
IVa	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	125
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	68	72	74	76	77	77	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79
IVb	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	22	28	34	42	49	55	60	68	74	80	85	89	93	97	100	105
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35
IVc	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	125
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83
V	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33
Va	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	125
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	37	41	45	48	51	53	55	56	58	59	60	60	60	61	61	62
Vb	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	15	13
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124
VI	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18
VIa	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	79
VIb	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	10	10	10	10	8
VIc	$M_{lx} = + 0.001 q_u l_x^2 X$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{ly} = + 0.001 q_u l_y^2 X$	35	37	37	37	38	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37

Keterangan :  
 = Terletak bebas  
 = Terjepit penuh

Dikarenakan pelat yang direncanakan terjepit penuh oleh balok pada keempat sisinya sehingga pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBTI 1971) Pasal 13.3 tabel 13.3(1) pelat termasuk dalam tipe II dimana persamaan gaya dalam momen yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$M_{tx} = + 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{lx} = + 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{ty} = + 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{ly} = + 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

Dimana :

$M_{tx}$  = Momen tumpuan arah x

$M_{lx}$  = Momen lapangan arah x

$M_{ty}$  = Momen tumpuan arah y

$M_{ly}$  = Momen lapangan arah y

X = koefisien (tabel 13.3.1 PBBI 1971)

Pada penulangan pelat akan dibahas 1 contoh penulangan pelat yaitu penulangan pelat tipe S1 As [B-B' : 4-5]

### **Perhitungan penulangan pelat**

#### Data Perencanaan

Tipe pelat = S1

As pelat = B-B' : 4-5

Mutu beton ( $f_c$ ) = 30 Mpa

Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa

Mutu baja Fys) = 240 Mpa

Selimit beton = 20 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7)

Ø tulangan lentur = 10 mm

Ø tulangan susut = 8 mm

Bentang pelat sumbu panjang ( $L_y$ ) = 450cm

Bentang pelat sumbu pendek ( $L_x$ ) = 450 cm

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{450}{450} = 1 < 2 \text{ (Two Way Slab)}$$

#### Momen terjadi:

Koefisien momen untuk pelat lantai 2 450 x 450 adalah:

Nilai koefisien  $M_{lx} = 21$

Nilai koefisien  $M_{ly} = 21$

Nilai koefisien  $M_{tx} = 52$

Nilai koefisien  $M_{ty} = 52$

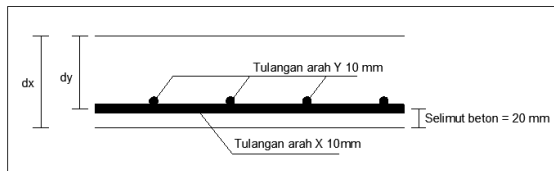
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 924.4 \text{ kg/m}^2 \cdot (4,5 \text{ m})^2 \cdot 21 \\ &= 393.101 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 924.4 \text{ kg/m}^2 \cdot (4,5 \text{ m})^2 \cdot 21 \\ &= 393.101 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 924.4 \text{ kg/m}^2 \cdot (4,5 \text{ m})^2 \cdot 52 \\ &= 973.393 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 924.4 \text{ kg/m}^2 \cdot (4,5 \text{ m})^2 \cdot 52 \\ &= 973.393 \text{ kgm} \end{aligned}$$

### Tebal manfaat pelat



$$\begin{aligned} D_x &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}) \\ &= 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_y &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \varnothing - \frac{1}{2} \varnothing \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}) \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Tulangan Minimum dan Maksimum

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\ \rho_b &= \frac{0,85 f_c' \beta}{F_y} + \frac{600}{600 + F_y} = 0,033 \\ \rho_{max} &= 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,33 = 0,024 \\ m &= \frac{F_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69\end{aligned}$$

b. TULANGAN LAPANGAN ARAH X

$$\begin{aligned}M_{lx} &= 393,101 \text{ kgm} = 3931011 \text{ Nmm} \\ Mn &= \frac{M_{lx}}{0,8} = \frac{3931011}{0,8} = 4913764 \text{ mm} \\ Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d x^2} = \frac{4913764}{1000 \cdot 95^2} = 0,54446 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,69) \cdot (0,54)}{400}} \right) \\ &= 0,00138\end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$0,0035 > 0,00138 < 0,024$  (Tidak Oke)

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternatif, untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka  $\rho$  diperbesar 30%,  $\rho = 0,00138 \times 1,3 = 0,00179$

$$\begin{aligned}As &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00179 \times 1000 \times 95 \\ &= 169.936 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Menggunakan tulangan  $\emptyset = 10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \pi \emptyset^2 b}{As} \\ &= \frac{0,25 \pi (10)^2 (1000)}{169,936}\end{aligned}$$



$$= 462,173 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:  $S_{maks} \leq 2h$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.3 (2))

$$S_{maks} = 2 (120) = 240 \text{ mm}$$

Maka S dipakai 200 mm

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \pi \phi^2 b}{S} \\ &= \frac{0,25 \pi (10)^2 (1000)}{200} \\ &= 392,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat : As pakai > As perlu

$$: 392,7 \text{ mm}^2 > 169,94 \text{ mm}^2 \text{ (Oke)}$$

### TULANGAN LAPANGAN ARAH Y

$$Mly = 393,101 \text{ kgm} = 3931011 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mlx}{0,8} = \frac{3931011}{0,8} = 4913764 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{4913764}{1000 \cdot 95^2} = 0,54446$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,69) \cdot (0,54)}{400}} \right) \\ &= 0,00138 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,0035 > 0,00138 < 0,024 \text{ (Tidak Oke)}$$

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3) sebagai alternatif, untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\text{Maka } \rho \text{ diperbesar } 30\%, \rho = 0,00138 \times 1,3 = 0,00179$$

$$\text{As} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00179 \times 1000 \times 95$$

$$= 169.936 \text{ mm}^2$$

Menggunakan tulangan  $\emptyset = 10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \pi \emptyset^2 b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \pi (10)^2 (1000)}{169,936} \\ &= 462,173 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:  $S_{maks} \leq 2h$

(*SNI 03-2847-2013 pasal 13.3 (2)*)

$S_{maks} = 2 (120) = 240 \text{ mm}$

Maka S dipakai 200 mm

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \pi \emptyset^2 b}{S} \\ &= \frac{0,25 \pi (10)^2 (1000)}{200} \\ &= 392,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :  $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

:  $392,7 \text{ mm}^2 > 169,94 \text{ mm}^2$  (Oke)

c. TULANGAN TUMPUAN ARAH X

$$M_{tx} = 973,393 \text{ kgm} = 9733932 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{0,8} = \frac{9733932}{0,8} = 12167415 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{12167415}{1000 \cdot 95^2} = 1,348$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,69) \cdot (1,348)}{400}} \right) \\ &= 0,00346 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$0,0035 > 0,00346 < 0,024$  (Tidak Oke)

Sesuai *SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)* sebagai

alternatif, untuk komponen struktur besar dan masif luas

tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka  $\rho$  diperbesar 30%,  $\rho = 0,00346 \times 1,3 = 0.0045$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0.0045 \times 1000 \times 95 \\ &= 427,881 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menggunakan tulangan  $\emptyset = 10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \pi \emptyset^2 b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \pi (10)^2 (1000)}{427,881} \\ &= 183,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:  $S_{maks} \leq 2h$   
(**SNI 03-2847-2013 pasal 13.3 (2)**)

$$\begin{aligned} S_{maks} &= 2 (120) = 240 \text{ mm} \\ 183,55 \text{ mm} &\leq 240 \text{ mm (Oke)} \end{aligned}$$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \pi \emptyset^2 b}{S} \\ &= \frac{0,25 \pi (10)^2 (1000)}{100} \\ &= 785,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :  $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$   
:  $785,4 \text{ mm}^2 > 427,88 \text{ mm}^2$  (Oke)

### TULANGAN TUMPUAN ARAH Y

$$M_{tx} = 973,393 \text{ kgm} = 9733932 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{0.8} = \frac{9733932}{0.8} = 12167415 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{12167415}{1000 \cdot 95^2} = 1,348$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,69) \cdot (1,348)}{400}} \right)$$

$$= 0.00346$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,0035 > 0,00346 < 0,024 \text{ (Tidak Oke)}$$

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternatif, untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka  $\rho$  diperbesar 30%,  $\rho = 0,00346 \times 1,3 = 0.0045$

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0.0045 \times 1000 \times 95$$

$$= 427,881 \text{ mm}^2$$

Menggunakan tulangan  $\emptyset = 10 \text{ mm}$

$$S = \frac{0,25 \pi \emptyset^2 b}{As}$$

$$= \frac{0,25 \pi (10)^2 (1000)}{427,881}$$

$$= 183,55 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:  $Smaks \leq 2h$

(**SNI 03-2847-2013 pasal 13.3 (2)**)

$$Smaks = 2 (120) = 240 \text{ mm}$$

$$183,55 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm (Oke)}$$

Dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

$$As \text{ pakai} = \frac{0,25 \pi \emptyset^2 b}{S}$$

$$= \frac{0,25 \pi (10)^2 (1000)}{100}$$

$$= 785,4 \text{ mm}^2$$

Syarat :  $As \text{ pakai} > As \text{ perlu}$

$$: 785,4 \text{ mm}^2 > 427,88 \text{ mm}^2 \quad (\text{Oke})$$

## TULANGAN SUSUT

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1 : untuk tulangan mutu 400 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum ( $\rho_{min}$ ) = 0,0018

$$\begin{aligned} A_s \text{ susut} &= \rho_{\text{susut}} \cdot b \cdot \text{tebal pelat} \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 120 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :  $S_{maks} \leq 5h$  atau  $S_{maks} \leq 450 \text{ mm}$

$$S_{maks} = 5 \cdot 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 8

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \pi \phi^2 b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \pi (8)^2 (1000)}{216} \\ &= 232,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :  $S = 232,71 < 450 \text{ mm}$  (Oke)

Dipakai  $S = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \pi \phi^2 b}{S} \\ &= \frac{0,25 \pi (8)^2 (1000)}{200} \\ &= 251 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :  $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$   
:  $251 \text{ mm}^2 > 216 \text{ mm}^2$  (Oke)

Tulangan tersebut dipasang pada lapis atas dan bawah, masing-masing pada ujung kiri dan kanan tumpuan, baik pada arah bentang  $L_x$  maupun  $L_y$ .

Lebar lajur pemasangan tulangan susut diukur dari muka bagian dalam balok penumpu ke arah lapangan pelat, masing—masing sebesar :  $0,25 l_n$ , yaitu

- K arah bentang panjang =  $0,25 \times (450 - 0,5(30+20))$   
= 106 cm
- K arah bentang pendek =  $0,25 \times (450 - 0,5(35+35))$   
= 104 cm

**Rekapitulasi Penulangan Lentur Pelat**  
*Tabel 4. 14 Rekapitulasi Penulangan Lentur Plat*

Tipe	Ly	Lx	Ly/Lx	Arah	Penulangan			
	m	m			Lap.x	Lap.y	Tump.x	Tump.y
1	450	450	1.00	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
2	513	450	1.14	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
3	450	387	1.16	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
4	450	415	1.08	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
5	485	283	1.71	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
6	450	310	1.45	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
7	342	310	1.10	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
8	327	310	1.05	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
9	370	310	1.19	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
10	293	167	1.75	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
11	310	108	2.87	Plat 1 arah	Ø 10 - 200	-	Ø 10 - 100	-
12	310	123	2.52	Plat 1 arah	Ø 10 - 200	-	Ø 10 - 100	-
13	450	150	3.00	Plat 1 arah	Ø 10 - 200	-	Ø 10 - 100	-
14	450	100	4.50	Plat 1 arah	Ø 10 - 200	-	Ø 10 - 100	-

### Rekapitulasi Penulangan Susut Dan Suhu Pelat

*Tabel 4. 15 Rekapitulasi Penulangan Susut dan Suhu Pelat*

Tipe	As susut perlu		S susut perlu		S susut pakai		As susut pakai		KESIMPULAN	
	tump.X	tump.Y	tump.X	tump.Y	tump.X	tump.Y	tump.X	tump.Y	tump.X	tump.Y
	mm2	mm2	mm	mm	mm	mm	mm2	mm2	mm	mm
1	216	216	232.6	232.6	200	200	251.2	251.2	Ø 8 - 200	Ø 8 - 200
2	216	216	232.6	232.6	200	200	251.2	251.2	Ø 8 - 200	Ø 8 - 200
3	216	216	232.6	232.6	200	200	251.2	251.2	Ø 8 - 200	Ø 8 - 200
4	216	216	232.6	232.6	200	200	251.2	251.2	Ø 8 - 200	Ø 8 - 200
5	216	216	232.6	232.6	200	200	251.2	251.2	Ø 8 - 200	Ø 8 - 200
6	216	216	232.6	232.6	200	200	251.2	251.2	Ø 8 - 200	Ø 8 - 200
7	216	216	232.6	232.6	200	200	251.2	251.2	Ø 8 - 200	Ø 8 - 200
8	216	216	232.6	232.6	200	200	251.2	251.2	Ø 8 - 200	Ø 8 - 200
9	216	216	232.6	232.6	200	200	251.2	251.2	Ø 8 - 200	Ø 8 - 200
10	216	-	232.6	-	200	-	251.2	-	Ø 8 - 200	-
11	216	-	232.6	-	200	-	251.2	-	Ø 8 - 200	-
12	216	-	232.6	-	200	-	251.2	-	Ø 8 - 200	-
13	216	-	232.6	-	200	-	251.2	-	Ø 8 - 200	-
14	216	-	232.6	-	200	-	251.2	-	Ø 8 - 200	-

#### 4.4.1 Perencanaan dan Penulangan Tangga

##### **Perencanaan Dimensi Tangga**

Perencanaan ini tangga diasumsikan sebagai frame 2 dimensi, yang kemudian dianalisa untuk menentukan gaya-gaya dalamnya dengan perencanaan struktur statis tak tentu. Perletakan dapan diasumsikan sebagai sendi – sendi, sendi – jepit, sendi – rol.

Tangga Gedung Psikologi Universitas Surabaya ini akan dimodelkan sebagai frame statis tak tentu ( penyelesaian dengan cara cross) dengan kondisi perletakan berupa sendi (diletakkan pada ujung bordes) jan jepit (diletakkan pada ujung sloof atau balok induk)

Dalam perencanaan ini, terdapat 3 macam tipe tangga yaitu tangga tipe 1, tangga tipe 2 dan tangga kebakaran. Elevasi tiap lantai mempunyai ketinggian yang berbeda. Berikut akan dibahas perencanaan dimensi tangga tipe 1 As (A – A’’; 1 – 2). Adapun data-data dan perhitungan tangga dan bordes menurut metode SRPMM adalah sebagai berikut:

##### **Data – data perencanaan :**

Data-data perencanaan

Tipe tangga	= Tipe 1
Panjang datar tangga	= 300 cm
Tinggi tangga	= 396 cm
Tinggi plat bordes	= 198 cm
Tebal plat tangga	= 15 cm
Tebal plat bordes	= 15 cm
Lebar injakan	= 30 cm
Tinggi tanjakan	= 18 cm

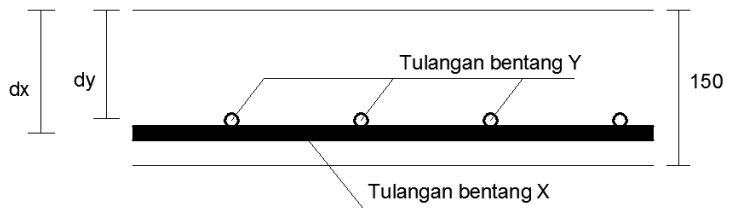


### Penulangan plat tangga

Dalam contoh perhitungan penulangan plat ini, tipe tangga yang digunakan adalah tangga penghubung lantai 1 dengan lantai 2. Adapun data-data, gambar denah tipe plat dan perhitungan penulangan plat tangga adalah sebagai berikut:

Adapun data perencanaan sebagai berikut:

Tipe plat	: plat tangga
As plat	: 1 - 2; A – B
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 30 Mpa
Mutu baja ( $f_y$ )	: 400 Mpa
$\beta$	: 0,85
Tebal plat	: 15 cm
Tebal selimut beton	: 20 mm
Diameter tulangan lentur	: 13 mm
Diameter tulangan susut	: 10 mm
BJ beton	: 2400 kg/m <sup>3</sup>



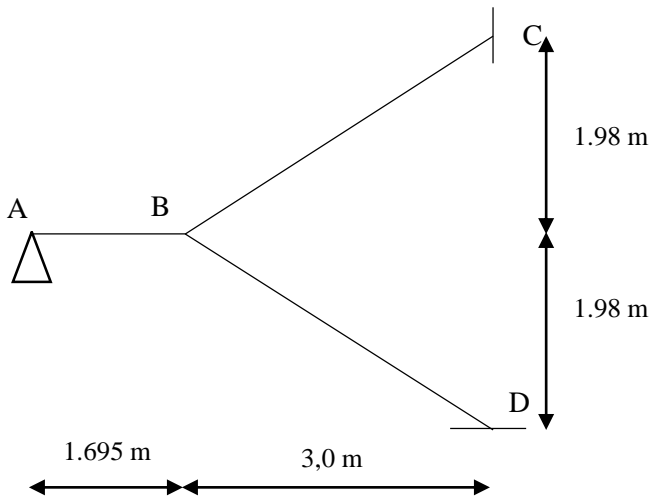
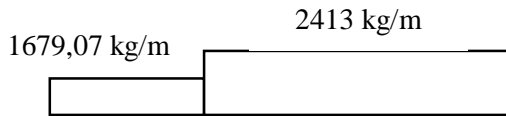
Tebal manfaat Plat:

$$\begin{aligned}
 dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing \\
 &= 150\text{mm} - 20\text{mm} - (\frac{1}{2} \cdot 13\text{mm}) \\
 &= 123,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$dy = \text{tebal pelat} - \text{decking} - \varnothing - \frac{1}{2} \varnothing$$

$$\begin{aligned}
 &= 150\text{mm} - 20\text{mm} - 13\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 13\text{mm}\right) \\
 &= 110,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### Mekanika tangga



$$\text{Panjang miring tangga} = \sqrt{3,0^2 + 1,98^2} = 3,59 \text{ m}$$

Penyelesaian cross

$$\mu_{BA} : \mu_{BC} : \mu_{BD} = \frac{3EI}{1.695} : \frac{4EI}{3.59} : \frac{4EI}{3.59}$$

$$= 1,77 EI : 1,113 EI : 1,113 EI$$

$$\mu_{BA} = \frac{1,77}{1,77 EI + 1,113 EI + 1,113 EI} = 0,443$$

$$\mu_{BC} = \mu_{BD} = \frac{1,113 EI}{1,77 EI + 1,113 EI + 1,113 EI} = 0,279$$

$$\text{kontrol} = \mu_{BA} + \mu_{BC} + \mu_{BD} = 1 \text{ (ok)}$$

momen primair

$$MF_{BA} = 1/8 \cdot 1679,07 \cdot 1,695^2 = 603 \text{ kgm}$$






$$MF_{BC} = 1/12 \cdot 2413 \cdot 3,59^2 = 2598,12 \text{ kgm}$$

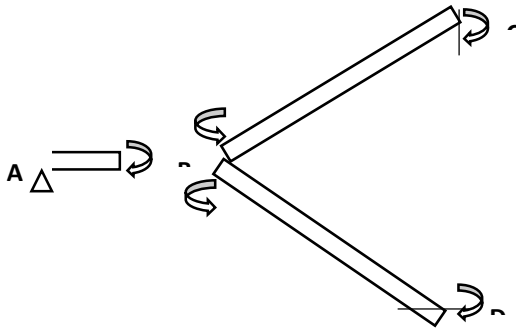
$$MF_{BD} = 1/12 \cdot 2413 \cdot 3,59^2 = -2598,12 \text{ kgm}$$

$$MF_{CB} = 1/12 \cdot 2413 \cdot 3,59^2 = 2598,12 \text{ kgm}$$

$$MF_{DB} = 1/12 \cdot 2413 \cdot 3,59^2 = -2598,12 \text{ kgm}$$

*Tabel 4. 16 Cross Tangga*

Titik	B			C	D
Batang	BA	BD	BC	CB	DB
FD	-0,443	0,279	0,279	0	0
MF	603	2598,1 2	2598,1 2	- 2598,1 2	- 2598,1 2
ND	- 2568, 9	-1615,2	-1615,2	0	0
MI	0	0	0	-807,6	-807,6
	- 1965, 9	983,0	983,0	-3405,7	-3405,7
Gambar r momen					

**Free Body Diagram**

Batang AB

$$\sum M_B = 0 \quad \text{Misal } V_A \uparrow$$

$$V_A \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 + M_{(BA)} = 0$$

$$V_A \cdot 1,695\text{m} - \frac{1}{2} \cdot 1679,4 \text{ kg/m} \cdot (1,695\text{m})^2 + 1965,9 \text{ kgm} = 0$$

$$V_A = 263,18 \text{ kg} \uparrow$$

$$V_B = V_A + Q = 263,18 + (1679,4 \times 1,695) = 2582,8 \text{ kg} \uparrow$$

Batang BD

$$\sum M_B = 0 \quad \text{misal } V_D \uparrow$$

$$-V_D \cdot L + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 - M_{(BD)} + M_{(DB)} = 0$$

$$-V_D \cdot 3 \text{ m} + \frac{1}{2} \cdot 2413 \text{ kg/m} \cdot (3 \text{ m})^2 - 982,95 \text{ kgm} + 3405,7 \text{ kgm} = 0$$

$$V_D = 4427,1 \text{ kg} \uparrow$$

$$V_B = Q - V_D = (2413 \times 3) - 4427,1 \text{ kg} = 2812 \text{ kg} \uparrow$$

Batang BC

$$\Sigma M_B = 0 \quad \text{misal } V_C \uparrow$$

$$-V_C \cdot L + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 - M_{(BC)} + M_{(CB)} = 0$$

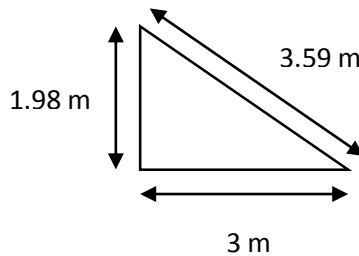
$$-V_C \cdot 3 \text{ m} + \frac{1}{2} \cdot 2413 \text{ kg/m} \cdot (3 \text{ m})^2 - 983 \text{ kgm} + 3405,7 \text{ kgm} = 0$$

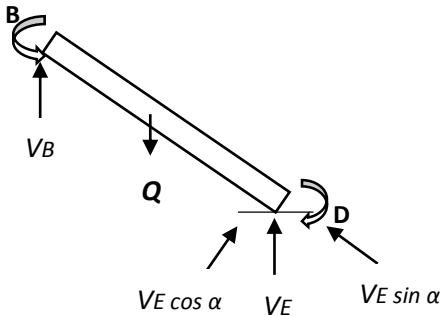
$$V_C = 4427,16 \text{ kg} \uparrow$$

$$V_B = Q - V_C = (2413 \times 3) - 4427,1 \text{ kg} = 2812 \text{ kg} \uparrow$$

**Mencari M max**

Batang BD



 $\alpha$ 

$$\sin \alpha = 1,98/3,59$$

$$\alpha = 33,47$$

$$\cos \alpha = 3/3,59$$

$$= 33,2$$

$$N_{DB} = -V_D \cdot \sin(33,4) = 4421,7 \text{ kg} \cdot \sin(33,4) = -2434,06 \text{ kg}$$

$$D_{DB} = V_D \cdot \cos(33,2) = 4421,7 \text{ kg} \cdot \cos(33,2) = 3699,9 \text{ kg}$$

$$D_{BD} = V_B \cdot \cos(33,2) = 2812 \text{ kg} \cdot \cos(33,2) = 2352,98 \text{ kg}$$

$$D_x = 0 \quad (\text{titik D dianggap } 0)$$

$$V_b \cos(33,2) - 2413 \text{ kg/m} (X) = 0$$

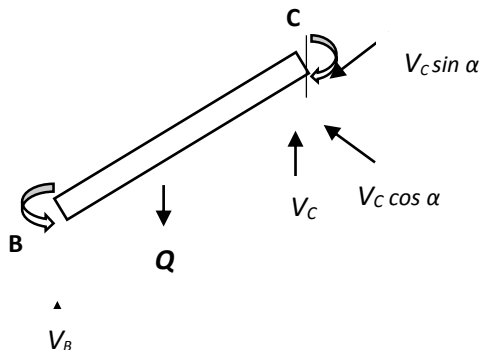
$$X = 2352,98 / 2413 = 0,975 \text{ m (dari titik B)}$$

$$M_{\max} = V_b \cos(33,2) X - \frac{1}{2} 2413 (X)^2 -$$

$$M_{(BD)} + M_{(DB)}$$

$$= 2352,98 (0,975) - \frac{1}{2} 2413 (0,975)^2 - 983 + 3405,7$$

$$= 3569,92 \text{ kgm}$$



$$N_{CB} = -V_C \cdot \sin(33,4) = 4421,7 \text{ kg} \cdot \sin(33,4) = -2434,06 \text{ kg}$$

$$D_{CB} = V_C \cdot \cos(33,2) = 4421,7 \text{ kg} \cdot \cos(33,2) = 3699,9 \text{ kg}$$

$$D_{BC} = V_B \cdot \cos(33,2) = 2812 \text{ kg} \cdot \cos(33,2) = 2352,98 \text{ kg}$$

$$D_x = 0 \quad (\text{titik D dianggap } 0)$$

$$V_b \cos(33,2) - 2413 \text{ kg/m} (X) = 0$$

$$X = 2352,98 / 2413 = 0,975 \text{ m (dari titik B)}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= V_b \cos(33,2) X - \frac{1}{2} 2413 (X)^2 - M_{(BC)} + M_{(CB)} \\ &= 2352,98 (0,975) - \frac{1}{2} 2413 (0,975)^2 - 983 + 3405,7 \\ &= 3569,92 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Diagram N

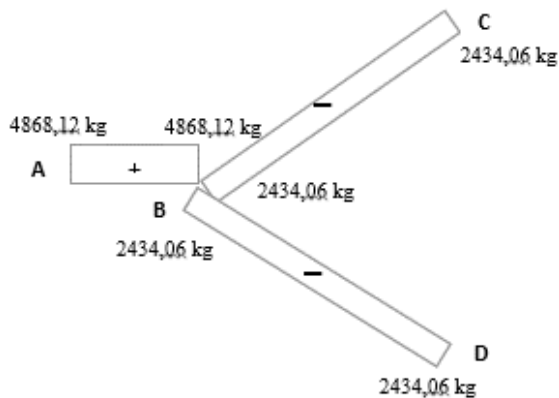


Diagram D

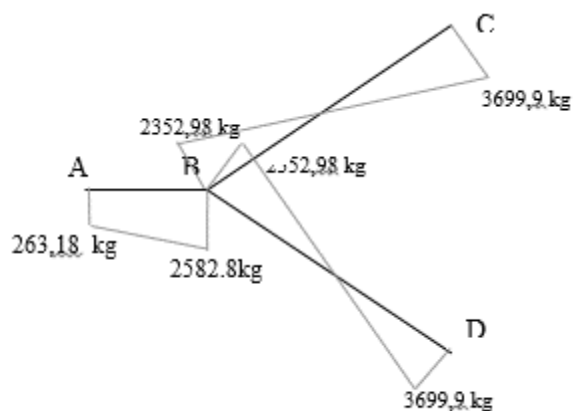
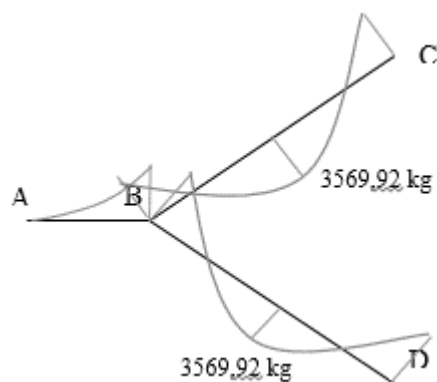


Diagram N



Sehingga :

Momen tumpuan B	= 1965,9kgm
Momen tumpuan C	= 3405,7 kgm
Momen tumpuan D	= 3405,7 kgm
Momen max tangga BC	= 3569,92 kgm



$$\begin{aligned}
 \text{Momen max tangga BD} &= 3569,92 \text{ kgm} \\
 \text{Maka diambil momen tangga} &= 3569,92 \text{ kgm} \\
 \text{Maka diambil momen bordes} &= 3405,7 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### Penulangan Tangga

Tulangan Minimum

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 F_c' \beta}{F_y} + \frac{600}{(600 + F_y)} = 0,033$$

(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,024$$

(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)

$$m = \frac{F_y}{0,85 F_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

### Penulangan tangga arah y

$$M_u = 35699200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{M_u}{0,8} = 44624000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{44624000}{1000 \times 123,5^2} = 2,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{15,69} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (15,69) \cdot (2,9)}{400}} \right]
 \end{aligned}$$

$$= 0,0078$$

$$\text{Syarat : } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0078 < 0,024 \quad (\text{Oke})$$

Karena,

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$ , maka di pakai  **$\rho_{\text{perlu}}$** .

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,0078 \times 1000 \times 123,5$$

$$= 962,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat spasi antar tulangan} \rightarrow S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2 \cdot 150 \text{ mm}$$

$$= 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan  $\emptyset=13 \text{ mm}$

$$S = \frac{0.25 \pi \emptyset^2 b}{A_s} = \frac{0.25 \pi (13)^2 1000}{962,1} = 137,9 \text{ mm}$$

$$S = 133,7 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \rightarrow (\text{oke})$$

Maka S pakai = 100 mm

Tulangan yang dipakai  $\emptyset 13 - 100$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0.25 \pi \emptyset^2 b}{A_s \text{ pakai}} = \frac{0.25 \pi (13)^2 1000}{100} = 1327,323 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat : } A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$$

$$1327,323 \text{ mm}^2 > 962,1 \text{ mm}^2 \rightarrow (\text{Oke})$$

Jadi tulangan y dipakai D13-100

Tulangan susut tangga (arah x)

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai

$$\rho_{\text{susut}} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ susut} &= \rho_{\text{susut}} \cdot b \cdot \text{tebal pelat} \\ &= 0,0018 \cdot 1000\text{mm} \cdot 150\text{mm} \\ &= 270 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :  $S_{\text{maks}} \leq 5h$  atau  $S_{\text{maks}} \leq 450 \text{ mm}$

$$S_{\text{maks}} = 5 \cdot 150\text{mm} = 750 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 10$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0.25 \pi \phi^2 b}{A_s \text{ pakai}} = \frac{0.25 \pi (10)^2 1000}{270} \\ &= 290,888 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :  $S = 290,888 \text{ mm} < 750 \text{ mm} \rightarrow S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$

(Oke)

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0.25 \pi (10)^2 1000}{200} = 392,70 \text{ mm}^2$$

Syarat :  $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ susut}$

$$392,70 \text{ mm}^2 > 270 \text{ mm}^2 \rightarrow (\text{Oke})$$

Jadi tulangan x dipakai D10-200

### Penulangan pelat bordes

#### Penulangan bordes arah y

$$M_u = 34057000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{M_u}{0.8} = 42571250 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{42571250}{1000 \times 123,5^2} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] \\ &= \frac{1}{15,69} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (15,69) \cdot (2,8)}{400}} \right] \\ &= 0,0074 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0074 < 0,024 \quad (\text{Oke})$$

Karena,

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$ , maka di pakai  **$\rho_{\text{perlu}}$** .

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0074 \times 1000 \times 123,5 \\ &= 914,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat spasi antar tulangan} \rightarrow S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan  $\varnothing=13 \text{ mm}$

$$S = \frac{0.25\pi\phi^2 b}{A_s} = \frac{0.25\pi(13)^2 1000}{914,9}$$

$$= 145 \text{ mm}$$

$$S = 145 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \rightarrow (\text{oke})$$

Maka S pakai = 100 mm

Tulangan yang dipakai Ø 13 – 100

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0.25 \pi \phi^2 b}{A_s \text{ pakai}} = \frac{0.25 \pi (13)^2 1000}{100}$$

$$= 1327,323 \text{ mm}^2$$

Syarat :  $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

$$1327,323 \text{ mm}^2 > 914,9 \text{ mm}^2 \rightarrow (\text{Oke})$$

Jadi tulangan y dipakai D13-100

#### Tulangan susut bordes (arah x)

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 dipakai

$$\rho \text{ susut} = 0,0018$$

$$A_s \text{ susut} = \rho \text{ susut} \cdot b \cdot \text{tebal pelat}$$

$$= 0,0018 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}$$

$$= 270 \text{ mm}^2$$

Syarat :  $S_{maks} \leq 5h$  atau  $S_{maks} \leq 450 \text{ mm}$

$$S_{maks} = 5 \cdot 150\text{mm} = 750 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 10

$$S = \frac{0.25 \pi \phi^2 b}{A_s \text{ pakai}} = \frac{0.25 \pi (10)^2 1000}{270} = 290,888 \text{ mm}$$

Syarat :  $S = 290,888 \text{ mm} < 750 \text{ mm} \rightarrow S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$

(Oke)

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0.25 \pi (10)^2 1000}{200} = 392,70 \text{ mm}^2$$

Syarat :  $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ susut}$

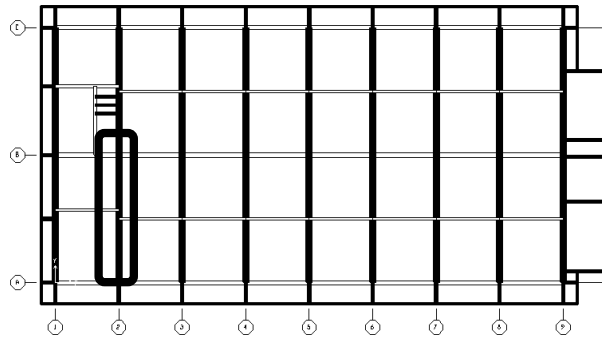
$392,70 \text{ mm}^2 > 270 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{(Oke)}$

Jadi tulangan x dipakai D10-200

## 4.5 PERHITUNGAN BALOK

### 4.5.1 PENULANGAN BALOK INDUK

Perhitungan tulangan balok induk : B1 (35/50) As 2 (A-B) elevasi  $\pm 3.96$ . Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut :



*Gambar 4. 23 Balok Induk yang ditinjau*

a. Data-data perencanaan tulangan balok :

- Tipe balok : B1
- As balok : As 2 (A-B)
- Bentang balok (L balok) : 9000 mm
- Dimensi balok (b balok) : 4500 mm
- Dimensi balok (h balok) : 6500 mm
- Bentang kolom (L kolom) : 9000 mm
- Dimensi kolom (b kolom) : 600 mm
- Dimensi kolom (h kolom) : 600 mm
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Kuat leleh tulangan geser ( $f_{yv}$ ) : 240 MPa
- Kuat leleh tulangan puntir ( $f_{yt}$ ) : 240 MPa
- Diameter tulangan lentur (D lentur) : 22 mm
- Diameter tulangan geser ( $\emptyset$  geser) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir ( $\emptyset$  puntir) : 16 mm
- Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) : 25 mm  
(SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1)
- Jarak spasi tulangan antar lapis : 25 mm  
(SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1)

- Tebal selimut beton (t decking) : 50 mm  
(SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1))
- Faktor  $\beta_1$  : 0,85  
(SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1))
- Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ ) : 0,8  
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1))
- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ ) : 0,75  
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))
- Faktor reduksi kekuatan puntir ( $\phi$ ) : 0,75  
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Maka tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \phi_{\text{sengkang}} - 1/2 \phi \text{ tul lentur} \\
 &= 650 - 50 - 10 - (22/2) \\
 &= 579 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \phi_{\text{sengkang}} + 1/2 \phi \text{ tul lentur} \\
 &= 50 + 50 + (22/2) \\
 &= 71 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- b. Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok. Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa

Kombinasi Beban Non Gempa :



- Pembebanan akibat beban mati  
= 1,4 DL
- Pembebanan akibat beban mati dan beban hidup.  
= 1,2 DL + 1,6 LL
- Pembebanan akibat beban mati, beban hidup dan beban angin.  
= 1,2 DL + 1,6 LL + 0,8 W
- Pembebanan akibat beban mati dan beban angin.  
= 0,9 DL + 1,0 W

Kombinasi Beban Gempa :

- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X.  
= 1,2 DL + 1,0 LL + 1,3 EQX + 0,39 EQY
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y  
= 1,2 DL + 1,0 LL + 0,39 EQX + 1,3 EQY
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu X.  
= 1,2 DL + 1,0 LL - 1,3 EQX - 0,39 EQY
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu Y  
= 1,2 DL + 1,0 LL - 0,39 EQX - 1,3 EQY

## HASIL OUTPUT DIAGRAM TORSI, LENTUR GESER

Untuk perhitungan tulangan balok, diambil momen terbesar dari beberapa kombinasi akibat beban gravitasi dan gempa. Kombinasi 1,2 D + 1,0 L + 1,3 Ex + 0,39 Ey adalah kombinasi kritis dalam pemodelan.

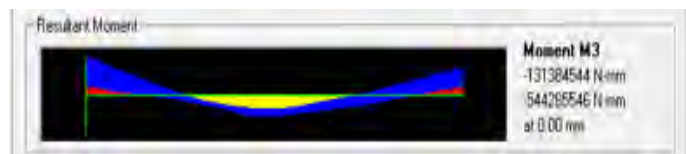
### **Hasil output diagram torsi**



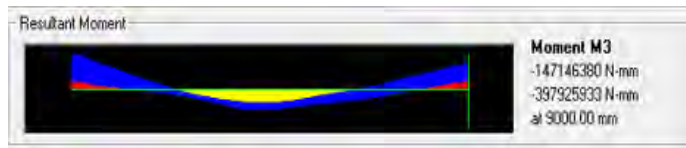
$$T_u = 233071225,0 \text{ Nmm}$$

### Hasil output diagram momen lentur

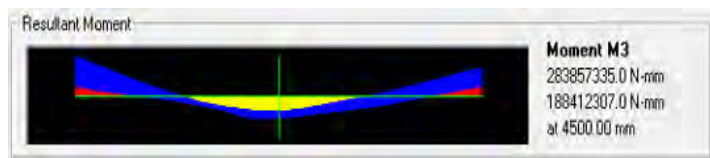
#### **Tumpuan Kiri (-)**



#### **Tumpuan Kanan (-)**



#### **Lapangan**



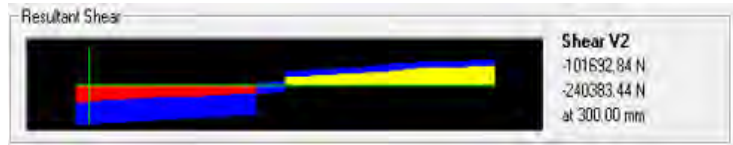
Kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + RSx + 0,3RSy

Momen tumpuan kiri = 54428,5546 Nmm

Momen tumpuan kanan = 39792,5933 Nmm

Momen lapangan = 28385,7355 Nmm

### **Hasil output diagram Gaya Geser**



$V_u = 240383,4 \text{ N}$

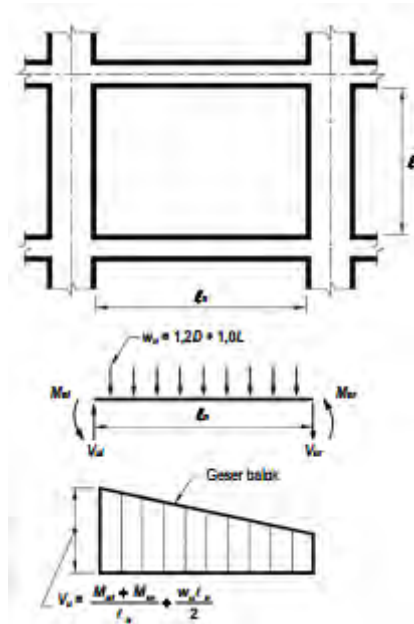
- c. Syarat Gaya aksial pada balok

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan SRPMM harus memenuhi ketentuan ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi :

$$\frac{A_g \times f_c'}{10} = \frac{450 \times 650 \times 30}{10} = 877500 \text{ N}$$

Berdasarkan analisa struktur SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi 1,2D+1L+R<sub>sx</sub>+0,3R<sub>sy</sub> pada komponen struktur sebesar 240383,4 N < 877500 N.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3 mengenai Ketentuan perhitungan penulangan balok dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).



Gambar 4. 24 Gaya Lintang Rencana Komponen Balok pada SRPMM

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Luasan yang diatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 450 \times 650 \\ &= 292500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parameter luas irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - \phi_{geser}) \\ &= (400 - 2.50) - 10 \times (650 - (2.50) - 10) \\ &= 201600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2 \times ((b_{balok} - 2t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2t_{decking} - \phi_{geser})) \\ &= 2 \times ((400 - 2.50) - 10) + (650 - (2.50) - 10)) \\ &= 1840 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 4.5.1.1 Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil out put diagram torsi pada SAP diperoleh momen puntir terbesar :

Momen Puntir Ultimate

Akibat Kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3 x + 1,0 y

$$T_u = 23307225,0 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\ &= \frac{23307225,0}{0,75} \\ &= 31076300 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Geser Ultimate

$$V_u = 240383,4 \text{ N}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned} T_{u \min} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 13259557,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum  $T_u$  dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} T_{u \max} &= \phi 0,033 \lambda \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 52718724,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

### Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat :

$T_{umin} > T_u \rightarrow$  tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{umin} < T_u \rightarrow$  memerlukan tulangan puntir

$T_{umin} < T_u$

13259557,9 Nmm < 23307225,0 Nmm

(memerlukan tulangan puntir)

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

### Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan

berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{B_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 A_o h}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_u}{B_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f_c}\right)$$

1,11196  $\leq$  3,368 (memenuhi)

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

### Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_L = \frac{A_t}{s} Ph \left(\frac{F_{yt}}{F_y}\right) \cot^2 \theta$$

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah :

$$T_n = \frac{2 A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot^2 \theta$$

Untuk beton non prategang  $\theta = 45^\circ$

Dimana,  $A_o = 0,85 \times A_o h$

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 201600 \\
 &= 171360 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \cot^2 \emptyset} \\
 &= 0,37781
 \end{aligned}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned}
 A_l &= 0,37781 \times 1840 \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 45 \\
 &= 1158,6311 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan orsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$\begin{aligned}
 A_{l \text{ min}} &= \frac{0,42 \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{F_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) P_h \frac{F_{yt}}{F_y} \\
 &= 1265,0857 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  tidak boleh kurang dari :  $0,175 \frac{b_w}{f_{yt}}$

$$0,175 \frac{400}{240} = 0,29167$$

Maka

$$0,37781 > 0,29167 \rightarrow (\text{memenuhi})$$

Kontrol :

$A_l \text{ perlu} \leq A_{l \text{ min}}$  maka gunakan  $A_{l \text{ min}}$

$A_l \text{ perlu} \geq A_{l \text{ min}}$  maka gunakan  $A_l \text{ perlu}$

$$1158,6311 \text{ mm}^2 \leq 1265,0857 \text{ mm}^2$$

(maka gunakan  $A_{l \text{ min}}$ )

Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar  $1265,0857 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{Al}{4} = \frac{1265,08}{4} = 316,27 \text{ mm}$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :  
 pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok  
 pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar 1265,0857 mm<sup>2</sup>

pada sisi kanan dan kiri = dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2x \frac{Al}{4} = 2 \frac{1265,08}{4} = 632,54$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$n = \frac{As}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$n = \frac{632,54}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$= 3,14 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan puntir 4D16

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$As = n \times \text{Luasan } D \text{ puntir}$$

$$= 4 \times 0,25 \pi 16^2$$

$$= 804,25 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$As \text{ pasang} \geq As \text{ perlu}$$

$$804,25 \text{ mm}^2 \geq 632,54 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

*Sehingga dipasang tulangan puntir di tumpuan kiri,*



*lapangan dan tumpuan kanan sebesar 4D16.*

#### 4.5.1.2 Perhitungan Penulangan Lentur

##### **DAREAH TUMPUAN KIRI**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$1,2 D + 1,0 LL + 1,3R_{sx} + 0,39R_{sy}$$

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} Xb &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) x d \\ &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) x 579 \\ &= 347,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

##### **Garis netral maksimum**

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 x X \\ &= 0,75 x 347,4 \text{ mm} \\ &= 260,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ &= 71 \text{ mm} \end{aligned}$$

##### **Garis netral rencana (asumsi)**

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

##### **Komponen beton tertekan**

$$Cc' = 0,85 f_c' b \beta_1 X_{rencana}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 450 \times 0,85 \times 150$$

$$= 1463062,5 \text{ N}$$

#### Luas tulangan Tarik

$$A_{sc} = \frac{C_c'}{F_y}$$

$$= \frac{1463062,5}{400}$$

$$= 3657,66 \text{ mm}^2$$

#### Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times F_{yx} \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$= 753842953,1$$

Momen lentur nominal ( $M_n$ )

$$M_u \text{ tumpuan} = 544285546 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ux}}{\phi}$$

$$M_n = 604761717,8 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 604761717,8 \text{ Nmm} - 753842953,1 \text{ Nmm}$$

$$= -149081235,3 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$M_{ns} \leq 0$$

$M_{ns} - 149081235,3 \text{ Nmm} \leq 0$  ( tidak perlu tulangan  
lentur tekan)

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan  
perhitungan penulangan lentur tunggal*

✓ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c'} = 15,68627$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta}{F_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,032513$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,024384$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = 604761717,8 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b, d^2} = 5,235987$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] = 0,01481$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,0035 < 0,01481 < 0,024 \text{ (Oke)}$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,01481 \times 450 \times 579$$

$$= 3858,83 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur :

$$A_{sperlu} = A_s + A_t$$

$$A_{sperlu} = 3858,83 \text{ mm}^2 + 316 \text{ mm}^2$$

$$A_{sperlu} = 4175,1 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_{sperlu}}{Luasan D_{lentur}}$$

$$n = \frac{4175,1}{Luasan D_{lentur}} = 10,9884$$

Dipasang tulangan lentur 11 D 22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 11 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 4179,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$4179,34 \text{ mm}^2 > 4175,1 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan pasang ( $A_s'$ ) Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 A_s \\ &= 0,3 \times 4179,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$= 1253,802 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Bawah)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luasan D \text{ lentur}}$$

$$n = \frac{1253,802 \text{ mm}^2}{397,94 \text{ mm}^2} = 3,3$$

Dipasang tulangan lentur 5D22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$1899,7 \text{ mm}^2 > 1253,802 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai

tulangan tarik 1 lapis 11 D22 dan

tulangan tekan 1 lapis 5 D22

- Kontrol tulangan tarik

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (11 \times \emptyset 22)}{11 - 1}$$

$$= 8,8$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$8,8 \text{ mm} < 25 \text{ mm (tidak memenuhi)}$$

**Direncanakan tulangan 2 lapis**

- Kontrol tulangan tekan

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (5 \times \emptyset 22)}{5 - 1}$$

$$= 55$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$55 \text{ mm} < 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

*Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi ( $S_{max} \leq 25 \text{ mm}$ ), maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis*

- Kontrol tulangan tarik lapis 1

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (7 \times \emptyset 22)}{7 - 1}$$

$$= 29,333 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$29,333 \text{ mm} < 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

- Kontrol tulangan tarik lapis 2

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (4 \times \emptyset 22)}{4 - 1}$$

$$= 80,667 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$80,667 \text{ mm} < 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipakai tulangan lentur Balok Induk B1 (45/65) untuk daerah tumpuan kiri :

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis  
Lapis 1 = 7 D22  
Lapis 2 = 4 D22
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
Lapis 1 = 5 D22

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka muka kolom di kedua ujung kompone tersebut.  $M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$

[SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 11 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 4179,34 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$

$$1899,7 \text{ mm}^2 \geq 1/3 4179,34 \text{ mm}^2$$

$$1899,7 \text{ mm}^2 \geq 1393,113 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik = 11 D22

Tulangan tekan = 5 D22

Karena tulangan di desain menjadi 2 lapis, kontrol kemampuan penampang menggunakan d 2 lapis

$d'1 \text{ lapis} = 71 \text{ mm}$

$$d'2 \text{ lapis} = \frac{n1 \cdot X1 + n2 \cdot X2}{n1 + n2}$$

Dimana :

$n1$  = jumlah tulangan bawah (7)

$n2$  = jumlah tulangan atas (4)

$X1$  = 71 mm

$$\begin{aligned}X2 &= d + \emptyset.\text{geser} + \emptyset.\text{sengkang} + S + \frac{1}{2} \emptyset.t.\text{sengkang} \\ &= 50 + 10 + 22 + 25 + 11 \\ &= 118 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$d'2 \text{ lapis} = \frac{7 \cdot 71 + 4 \cdot 118}{7 + 4} = 88,0909 \text{ mm}$$

$$d \text{ pakai} = 650 - 88,0909 = 562 \text{ mm}$$



Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \left( \frac{As \cdot Fy}{0,85 \times f'c \times b} \right)$$

$$a = 145,6850$$

$$Mn \text{ pasang} = As \cdot Fy \times \left( 562 - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 919788953,5 \text{ Nmm}$$

Maka :  $\theta Mn \text{ pasang} > M \text{ perlu}$

$$0,8 \times 919788953,5 \text{ Nmm} > 604761717,8 \text{ Nmm}$$

$$781820610,5 \text{ Nmm} > 604761717,8 \text{ Nmm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk Balok Induk (45/65) 2 (A-B) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 11D22 dan tulangan tekan 5D22 dengan susunan sebagai berikut:

- Tulangan tarik 1 lapis  
     Lapis 1 : 7D22  
     Lapis 2 : 4D22
- Tulangan Tekan 1 Lapis  
     Lapis 1 : 5D22

### **DAREAH TUMPUAN KANAN**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$1,2 D + 1,0 LL + 1,3R_{sx} + 0,39R_{sy}$$

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left( \frac{600}{600 + Fy} \right) xd$$

$$= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times 579$$

$$= 347 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times X$$

$$= 0,75 \times 347 \text{ mm}$$

$$= 260,55 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$= 71 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 f_c' b \beta_1 X_{rencana}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 450 \times 0,85 \times 150$$

$$= 1463062,5 \text{ N}$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{F_y}$$

$$= 3657,65 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = Asc \times F_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$= 753842593,1 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal ( $M_n$ )

$$\mu_{\text{tumpuan}} = 397925933 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{\mu_{\text{tumpuan}}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{397925933 \text{ Nmm}}{0,8}$$

$$M_n = 468148156,5 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 468148156,5 \text{ Nmm} - 753842593,1 \text{ Nmm}$$

$$= -285694796,7 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$M_{ns} \leq 0$$

$-285694796,7 \text{ Nmm} \leq 0$  ( tidak perlu tulangan  
lentur tekan)

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan  
perhitungan penulangan lentur tunggal*

- ✓ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{F_y}{0,85 f'c} = \frac{F_y}{0,85 f'c} = 15,68$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f'c \beta}{F_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,024$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = 468148156,5 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = 4,05319$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] = 0,0119$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0119 < 0,024 \text{ (Oke)}$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0119 \times 400 \times 579$$

$$= 2891,897 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur :

$$A_{sperlu} = A_s + A_t$$

$$A_{sperlu} = 2891,897 \text{ mm}^2 + 316 \text{ mm}^2$$

$$A_{sperlu} = 3208,17 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luasan D \text{ lentur}}$$

$$n = \frac{3208,17 \text{ mm}^2}{397,94 \text{ mm}^2} = 8,44$$

Dipasang tulangan lentur 11 D22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 11 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 4179,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

4179,34 mm<sup>2</sup> > 3208,17 mm<sup>2</sup> (memenuhi)

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} As' &= 0,3 As \\ &= 0,3 \times 4179,34 \text{ mm}^2 \\ &= 1253,802 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Bawah)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luasan D \text{ lentur}}$$

$$n = \frac{1253,802 \text{ mm}^2}{397,94 \text{ mm}^2} = 3,3$$

Dipasang tulangan lentur 5D22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$1899,7 \text{ mm}^2 > 1253,802 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 11 D22 dan tulangan tekan 1 lapis 5D22

- Kontrol tulangan tarik

$S_{max}$

$$= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (11 \times 22)}{11 - 1}$$

$$= 8,8 \text{ mm}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

$$8,8 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (tidak memenuhi)}$$

- Kontrol tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1} \\
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (5 \times 22)}{5 - 1} \\
 &= 55 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$55 \text{ mm} < 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

*Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi ( $S_{max} \leq 25 \text{ mm}$ ), maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis*

- Kontrol tulangan tarik lapis 1

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1} \\
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (7 \times 22)}{7 - 1}
 \end{aligned}$$

$$= 29,33 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$29,33 \text{ mm} < 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

- Kontrol tulangan tarik lapis 2

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1} \\
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (4 \times 22)}{4 - 1}
 \end{aligned}$$

$$= 80,67 \text{ mm}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$   
 $80,67 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$  (memenuhi)

Maka dipakai tulangan lentur Balok Induk B1 (45/65)  
 untuk daerah tumpuan kanan :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis  
     Lapis 1 = 7 D22  
     Lapis 2 = 4 D22
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
     Lapis 1 = 5 D22

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka muka kolom di kedua ujung kompone tersebut.  $M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$

*[SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1)]*

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 11 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 4179,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$



$$1899,7 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \cdot 4179,34 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik = 11 D22

Tulangan tekan = 5 D22

Karena tulangan di desain menjadi 2 lapis, kontrol kemampuan penampang menggunakan d 2 lapis

d'1 lapis = 71mm

d'2 lapis = 81,444 mm

d pakai = 569 mm

Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \left( \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$a = 119,1968$$

$$Mn \text{ pasang} = A_s \cdot F_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 783161337,5 \text{ Nmm}^2$$

Maka :  $\theta M_{npasang} > M_{perlu}$

$$0,8 \times 783161337,5 \text{ Nmm}^2 > 468148156,5 \text{ Nmm}$$

$$665687136,9 \text{ Nmm} > 468148156,5 \text{ Nmm} \quad (\text{memenuhi})$$

Jadi, penulangan lentur untuk Balok Induk B1 As B(7-8) pada daerah tumpuan kanan dipakai tulangan tarik 11D22 dan tulangan tekan 5D22 dengan susunan sebagai berikut:

- Tulangan tarik 2 lapis
  - Lapis 1 : 7D22
  - Lapis 2 : 4D22

- Tulangan Tekan 1 Lapis  
Lapis 1 : 5D22

### **DAREAH TUMPUAN LAPANGAN**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$1,2 D + 1,0 LL + 1,3R_{sx} + 0,39R_{sy}$$

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} Xb &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) x d \\ &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) x 579 \\ &= 347 \text{ mm} \end{aligned}$$

### **Garis netral maksimum**

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 x X \\ &= 0,75 x 347 \text{ mm} \\ &= 260,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ &= 71 \text{ mm} \end{aligned}$$

### **Garis netral rencana (asumsi)**

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

### **Komponen beton tertekan**

$$Cc' = 0,85 f_c' b \beta_1 X_{rencana}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 450 \times 0,85 \times 150$$

$$= 1463062,5 \text{ N}$$

Luas tulangan Tarik

$$A_{sc} = \frac{C c'}{F_y}$$

$$= 3657,65 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times F_{yx} \left( d - \frac{\beta_1 \times x_r}{2} \right)$$

$$= 753842593,1 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal ( $M_n$ )

$$\mu \text{ Lapangan} = 283857335 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{\mu \times x}{\phi}$$

$$M_n = \frac{283857335 \text{ Nmm}}{0,8}$$

$$M_n = 333949805 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 333949805 \text{ Nmm} - 753842593,1 \text{ Nmm}$$

$$= -419893147,2 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$M_{ns} \leq 0$$

$-419893147,2 \text{ Nmm} \leq 0$  ( tidak perlu tulangan  
lentur tekan)

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan  
perhitungan penulangan lentur tunggal*

✓ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_{c'}} = \frac{F_y}{0,85 f_{c'}} = 15,68$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_{c'} \beta}{F_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,024$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = 333949805 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = 4,05319$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] = 0,007692$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0077 < 0,024 \text{ (Oke)}$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0077 \times 400 \times 579$$

$$= 2004,252 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur :

$$A_{sperlu} = A_s + A_t$$

$$A_{sperlu} = 2004,252 \text{ mm}^2 + 316 \text{ mm}^2$$

$$A_{sperlu} = 2320,52 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_{sperlu}}{Luasan D_{lentur}}$$

$$n = \frac{2320,52 \text{ mm}^2}{397,94 \text{ mm}^2} = 6,107$$

Dipasang tulangan lentur 7 D22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 7 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 2659,58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$2659,58 \text{ mm}^2 > 2320,52 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan pasang ( $A_s'$ ) Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 0,3 A_s \\
 &= 0,3 \times 2659,58 \text{ mm}^2 \\
 &= 797,878 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{Luasan D \text{ lentur}} \\
 n &= \frac{797,878 \text{ mm}^2}{397,94 \text{ mm}^2} = 2,1
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur 3D22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\
 &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\
 &= 1139,82 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$1139,82 \text{ mm}^2 > 797,878 \text{ mm}^2$  (memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow$  susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow$  susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 3 D22 dan

tulangan tekan 1 lapis 3D22

- Kontrol tulangan tarik

$S_{max}$

$$= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (7 \times 22)}{7 - 1}$$

$$= 29,333 \text{ mm}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

29,333 mm > 25 mm (tidak memenuhi)

- Kontrol tulangan tekan

$S_{max}$

$$= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (3 \times 22)}{3 - 1}$$

$$= 286 \text{ mm}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

286 mm < 25 mm (memenuhi)

Maka dipakai tulangan lentur balok bordes BD (45/65)  
untuk daerah tumpuan kiri :

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis  
Lapis 1 = 7 D22
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
Lapis 1 = 3 D22

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka muka kolom di kedua ujung kompone tersebut.  $M$  lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3 \times M$  lentur tumpuan (-)

**[SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1)]**

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 7 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 2659,58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 1139,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$1139,82 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 2659,58 \text{ mm}^2$$

$$1139,82 \text{ mm}^2 \geq 886,52 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik = 7 D22

Tulangan tekan = 3 D22

Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \left( \frac{As \cdot Fy}{0,85 \times f'c' \times b} \right)$$

$$a = 92,708$$

$$Mn \text{ pasang} = As \cdot Fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$



$$= 566645502,5 \text{ Nmm}^2$$

Maka :  $\theta_{Mnpasang} > \theta_{Muperlu}$

$$0,8 \times 566645502,5 \text{ Nmm}^2 > 333949805 \text{ Nmm}$$

$$481648677,2 \text{ Nmm} > 333949805 \text{ Nmm} (\text{memenuhi})$$

Jadi, penulangan lentur untuk Balok Induk B1 2 (A-B) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 8D22 dan tulangan tekan 4D22 dengan susunan sebagai berikut:

- Tulangan tarik 1 lapis  
Lapis 1 : 7D22
- Tulangan Tekan 1 Lapis  
Lapis 1 : 3D22

#### 4.5.1.3 Perhitungan Penulangan Geser

Tipe balok	: BI (45/56)
Dimensi balok (b balok)	: 450
Dimensi balok (h balok)	: 650
Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	: 30 Mpa
Kuat leleh tulangan geser ( $f_{yv}$ )	: 240 Mpa
Diameter tulangan geser ( $\emptyset$ geser)	: 10 mm
$\beta_1$	: 0,85
Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ )	: 0,75

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada BI (45/56) 2 (A-B), didapatkan:

#### **Momen Nominal Kiri**

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut:

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik } 11D22 = 4179,34 \text{ mm}^2$$

As pakai tulangan tekan 5D22 = 1899,7 mm<sup>2</sup>

$$a = \left( \frac{(As \text{ pakai tul tarik} \times Fy)}{0,85 \times f'c' \times b} \right)$$

$$= \left( \frac{(4179,34 \text{ mm}^2 \times 400)}{0,85 \times 30 \times 450} \right)$$

$$= 165,1097 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ pasang} = As \cdot Fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 4179,34 \text{ mm}^2 \times 400 \times \left( 539 - \frac{165,1097}{2} \right)$$

$$= 829925205,5 \text{ Nmm}$$

### **Momen Nominal Kanan**

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan luasan tulangan sebagai berikut:

As pakai tulangan tarik 11D22 = 4179,34 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan 5D22 = 1899,7 mm<sup>2</sup>

$$a = \left( \frac{(As \text{ pakai tul tarik} \times Fy)}{0,85 \times f'c' \times b} \right)$$

$$= \left( \frac{(1899,7 \times 400)}{0,85 \times 30 \times 450} \right)$$

$$= 74,5 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ pasang} = As \cdot Fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1899,7 \times 450 \times \left( 539 - \frac{74,5}{2} \right)$$

$$= 411456069 \text{ Nmm}$$

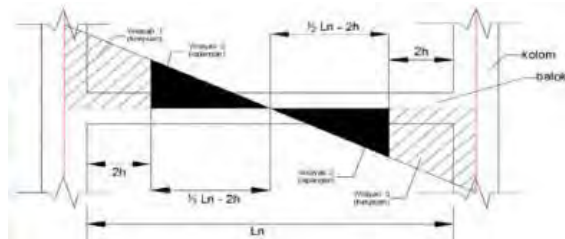
Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL+ 1,0LL, dari analisa SAP 2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor Vu = 240383,44 N

### **Pembagian Wilayah Geser Balok**

Dalam perhitungan tulangan geser(senggang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)
- Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke  $\frac{1}{2}$  bentang balok.



Gambar 4. 25 Pembagian Wilayah Geser Pada Balok

#### Syarat Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa

(SNI 03-2847-2013)

$$\sqrt{f_c'} < \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{30} < 8,33$$

$$5,477 < 8,33 \text{ (memenuhi)}$$

#### Kuat Geser Beton

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.2.1.1)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,17 \times \sqrt{30} \times 450 \times 539 \\ &= 237848,5 \text{ N} \end{aligned}$$

#### Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{s \min} &= 0,33 \times b \times d \\ &= 0,33 \times 450 \times 539 \\ &= 86850 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{s \max} = 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 450 \times 539 \\
 &= 475697 \text{ N} \\
 2Vs_{max} &= 0,66 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\
 &= 0,66 \times \sqrt{30} \times 400 \times 539 \\
 &= 951394,1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### Penulangan Geser Balok

1. *Pada Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)*

Gaya geser diperoleh dari :

$$\begin{aligned}
 Vu1 &= \frac{Mnr + Mnl}{ln} + \frac{Wu \times ln}{2} \\
 Vu1 &= \frac{Mnr + Mlr}{ln} + Vu
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.3.(1))

Dimana :

$Vu1$  = Gaya geser pada muka perletakan

$Mnl$  = Momen nominal actual balok daerah tumpuan (kiri)

$Mnr$  = Momen nominal actual balok daerah tumpuan (kanan)

$ln$  = Panjang bersih balok

$$Vu = 240383,44$$

$$Mnl = 829925205,5$$

$$Mnr = 411456069,9$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 Vu1 &= \frac{411456069,9 + 829925205,5}{9000 - (2 \times 0,5 \times 500)} + 240383,44 \\
 &= 398521,1821 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### Kondisi 1

$Vu \leq 0,5 \cdot \phi \cdot Vc \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

$398521,1821 \text{ N} \geq 89193,195 \text{ N}$  (**Tidak Memenuhi**)

Kondisi 2

$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser  
 $89193,195 \text{ N} \leq 398521,1821 \text{ N} \geq 17836,39 \text{ N}$  **(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 3

$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser  
 $17836,39 \text{ N} \leq 398521,1821 \text{ N} \geq 243523,89 \text{ N}$  **(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 4

$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser  
 $\geq 243523,89 \text{ N} \leq 398521,1821 \text{ N} \leq 53519,1713 \text{ N}$  **(Memenuhi)**

Kondisi 5

$\emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2 V_{s_{\max}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ perlu}} &= \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} \\
 &= \frac{398521,1821 \text{ N} - 0,75 \times 237848,5 \text{ N}}{0,75} \\
 &= 29513,055 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser  $\emptyset 10 \text{ mm}$  dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v &= (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki} \\
 &= (0,25 \times \pi \times 22^2) \times 2 \\
 &= 157,08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu ( $S_{\text{perlu}}$ )

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{s_{\text{perlu}}}} \\
 &= \frac{157 \times 240 \times 539}{29513,055 \text{ N}} \\
 &= 74,32 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 70 mm antar tulangan geser

#### Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$S_{\text{max}} < \frac{d}{2} \quad \text{atau} \quad S_{\text{max}} < 600$$

$$70 < \frac{539}{2} \quad \text{atau} \quad 70 < 600$$

$$70 \text{ mm} < 270 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10-70mm.

#### **Cek Persyaratan SRPMM Untuk Kekuatan Geser Balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a.  $d/4$
- b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- c. 24 kali diameter sengkang, dan
- d. 300 mm

**(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.(2))**

$$S_{\text{max}} < \frac{d}{4}$$

$$70 \text{ mm} < \frac{539}{4}$$

$$70 \text{ mm} < 134,75 \text{ mm} (\text{Memenuhi})$$

$$S_{\text{max}} < 8 D_{\text{lentur}}$$

$$70 \text{ mm} < 8 (22)$$

$$\begin{aligned}
 70 \text{ mm} &< 176 \text{ mm} && \text{(Memenuhi)} \\
 S_{\max} &< 24 D_{\text{senggang}} \\
 70 \text{ mm} &< 24 (10) \\
 70 \text{ mm} &< 240 && \text{(Memenuhi)} \\
 S_{\max} &< 300 \text{ mm} \\
 70 \text{ mm} &< 300 \text{ mm} && \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, penulangan geser balok untuk balok B1 (45/65) pada Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang Ø10-90 mm dengan sengkang 2 kaki.

2. Pada Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \frac{V_{u2}}{\frac{1}{2}l_n - 2h} &= \frac{V_{u1}}{\frac{1}{2}l_n} \\
 V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times (\frac{1}{2}l_n - 2h)}{\frac{1}{2}l_n} \\
 &= \frac{398521,1821 \text{ N} \times (\frac{1}{2} \times 8400 - 2 \times 600)}{\frac{1}{2} \times 8400} \\
 &= 2751569,38 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kondisi 1

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser} \\
 2751569,38 \text{ N} &\geq 89193,1952 \text{ N} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 2

$$\begin{aligned}
 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c &\leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser} \\
 89193,1952 \text{ N} &\leq 2751569,38 \text{ N} < 178386,3904 \text{ N} \\
 &\quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 3

$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

$$178386,3904 \text{ N} \leq 2751569,38 \text{ N} < 243523,89 \text{ N}$$

**(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 4

$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

$$243523,89 \text{ N} \leq 2751569,38 \text{ N} \leq 53319,17 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

Kondisi 5

$\emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2 V_{s_{\max}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} \\ &= \frac{2751569,38 \text{ N} - 0,75 \times 237848,5 \text{ N}}{0,75} \\ &= 129043,99 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser  $\emptyset 10 \text{ mm}$  dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki} \\ &= (0,25 \times \pi \times 22^2) \times 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu ( $S_{\text{perlu}}$ )

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157 \times 240 \times 539}{129043,99 \text{ N}} \\ &= 169,064 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser



Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$S_{\max} < \frac{d}{2} \quad \text{atau} \quad S_{\max} < 600$$

$$150 < \frac{539}{2} \quad \text{atau} \quad 150 < 600$$

$$150 \text{ mm} < 270 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10-150 mm.

#### 4.5.1.4 Perhitungan Panjang Peyaluran

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2 Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

[SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.1]

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2 sebagai berikut

Tabel 4. 17 Tabel Panjang Penyaluran

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau pengikat sepanjang $l_d$ tidak kurang dari minimum Tata Cara atau Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari $d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2.14 \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.74 \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.44 \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.14 \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Dimana :

$\lambda d$  = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = diameter tulangan lentur yang dipakai

$\Psi_t$  = faktor lokasi penulangan (1)

$\psi_e$  = faktor pelapis (1,5)

$\lambda$  = faktor beton agregat ringan = 1 (beton normal)

Perhitungan :

$$\lambda d = \left( \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \psi_e}{1,74 \sqrt{f_c'}} \right) d_b$$

$$\lambda d = \left( \frac{400 \cdot 1.1}{1,74 \sqrt{30'}} \right) 22 = 945,089$$

Syarat :  $\lambda d > 300$

$$945,089 > 300$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ pasang}}} \lambda_d$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{3208,169}{3419,16} 945,089 = 886,76$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik = 1000

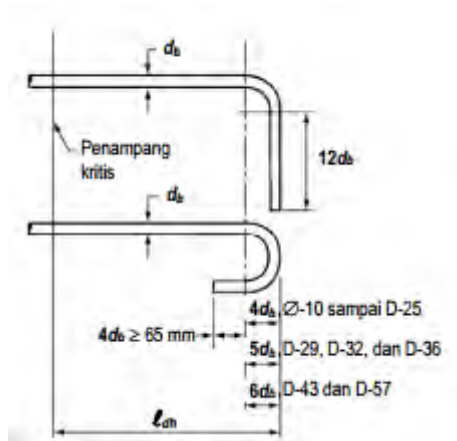
#### Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 12.5*

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm.

(*SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.1*)

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.2 Untuk batang tulangan ulir  $\lambda_d$  harus sebesar  $(0,24 \psi_e F_y / \lambda \sqrt{f_c}) / d_b$  dengan  $\psi_e$  diambil sebesar 1,2 untuk tulangan dilapisi epoksi, dan  $\lambda$  diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya,  $\psi_e$  dan  $\lambda$  harus diambil sebesar 1,0.



Gambar 4. 26 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

$$\lambda_{dh} = \frac{0,24\psi_e F_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} d_b$$

$$\lambda_{dh} = \frac{0,24 \cdot 1.400}{\lambda \sqrt{30}} 22 = 385,59$$

Syarat :  $\lambda_{dh} > 150$

$$385,59 > 150$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \lambda_d$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{3208,169}{3419,16} 385,59 = 361,802$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik  
= 400

Panjang kait

$$12db = 12 \times 22 = 264$$

### Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tekan

Peyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.3

Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan tidak boleh kurang dari 200 mm

*(SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.1)*

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.2 panjang penyaluran diambil terbesar dari:

$$\lambda_{dc} = \frac{0,24\psi_e F_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \text{ db} \qquad \lambda_{dc} = 0,043 \text{ fy db}$$

$$\lambda_{dc} = 385,59 \qquad \lambda_{dc} = 378,4$$

Diambil 385,59mm

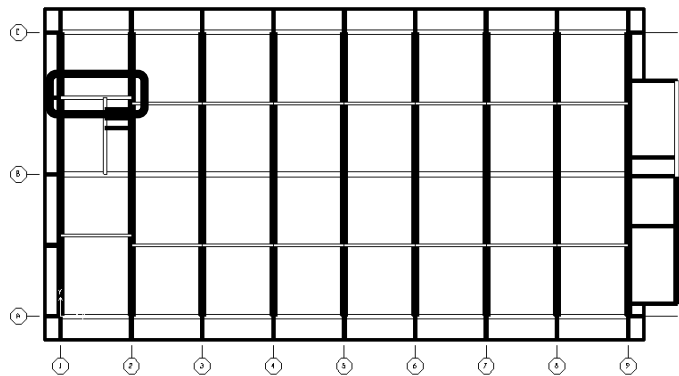
Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{1025,838}{1139,82} 385,59 = 206,873 = 250$$

$$4db + 4db = 4(22) + 4(22) = 176 \text{ mm}$$

#### 4.5.2 PENULANGAN BALOK ANAK

Perhitungan tulangan balok anak : Ba (20/40) As B' (1-2) elevasi  $\pm 3.96$ . Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut :



*Gambar 4. 27 Balok Anak yang Ditinjau*

d. Data-data perencanaan tulangan balok :

- Tipe balok : BA
- As balok : As B' (1-2)
- Bentang balok (L balok) : 9000 mm
- Dimensi balok (b balok) : 2000 mm
- Dimensi balok (h balok) : 4000 mm
- Bentang kolom (L kolom) : 9000 mm
- Dimensi kolom (b kolom) : 600 mm
- Dimensi kolom (h kolom) : 600 mm
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 MPa

- Kuat leleh tulangan geser ( $f_{yv}$ ) : 240 MPa
- Kuat leleh tulangan puntir ( $f_{yt}$ ) : 240MPa
- Diameter tulangan lentur ( $D$  lentur) : 16 mm
- Diameter tulangan geser ( $\emptyset$  geser) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir ( $\emptyset$  puntir) : 13 mm
- Jarak spasi tulangan sejajar ( $S$  sejajar) : 25 mm  
(SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1)
- Jarak spasi tulangan antar lapis : 25 mm  
(SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1)
- Tebal selimut beton ( $t$  decking) : 40 mm  
(SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1))
- Faktor  $\beta_1$  : 0,85  
(SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1))
- Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ ) : 0,8  
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1))
- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ ) : 0,75  
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))
- Faktor reduksi kekuatan puntir ( $\phi$ ) : 0,75  
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Maka tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \phi_{\text{sengkang}} - 1/2 \phi \text{ tul lentur} \\
 &= 400 - 40 - 10 - (16/2) \\
 &= 339\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \phi_{\text{sengkang}} + 1/2 \phi \text{ tul lentur} \\
 &= 0 + 10 + (16/2) \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- e. Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulanganbalok. Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa

#### Kombinasi Beban Non Gempa :

- Pembebanan akibat beban mati  
= 1,4 DL
- Pembebanan akibat beban mati dan beban hidup.  
= 1,2 DL + 1,6 LL
- Pembebanan akibat beban mati, beban hidup dan beban angin.  
= 1,2 DL + 1,6 LL + 0,8 W
- Pembebanan akibat beban mati dan beban angin.  
= 0,9 DL + 1,0 W

#### Kombinasi Beban Gempa :

- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X.  
= 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 EQX + 0,3 EQY
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y  
= 1,2 DL + 1,0 LL + 0,39 EQX + 1,3 EQY
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu X.  
= 1,2 DL + 1,0 LL - 1,3 EQX - 0,39 EQY
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu Y  
= 1,2 DL + 1,0 LL - 0,39 EQX - 1,3 EQY



## HASIL OUTPUT DIAGRAM TORSI, LENTUR GESER

Untuk perhitungan tulangan balok, diambil momen terbesar dari beberapa kombinasi akibat beban gravitasi dan gempa. Kombinasi 1,2 D + 1,0 L + 1,3 Ex + 0,39 Ey adalah kombinasi kritis dalam pemodelan.

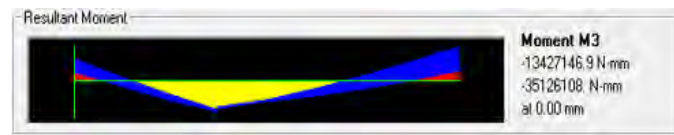
### Hasil output diagram torsi



$$T_u = 2302690,77 \text{ Nmm}$$

### Hasil output diagram momen lentur

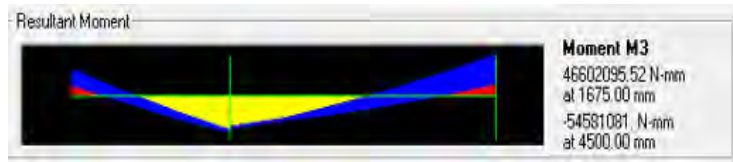
#### Tumpuan Kiri (-)



#### Tumpuan Kanan (-)



#### Lapangan



Kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 1,3 RSx + 0,39 Rsy

Momen tumpuan kiri = 35126108 Nmm

Momen tumpuan kanan = 54581081 Nmm

Momen lapangan = 46602095,52 Nmm

### Hasil output diagram Gaya Geser



$V_u = 49924,76 \text{ N}$

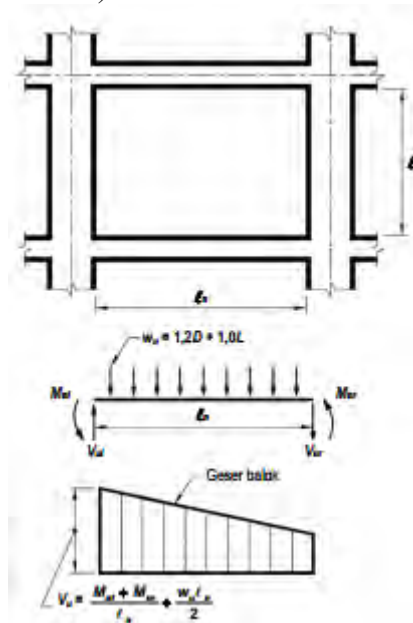
f. Syarat Gaya aksial pada balok

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan SRPMM harus memenuhi ketentuan ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi :

$$\frac{A_g \times f_c'}{10} = \frac{200 \times 400 \times 30}{10} = 240000 \text{ N}$$

Berdasarkan analisa struktur SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi  $1,2D+1L+R_{sx}+0,3R_{sy}$  pada komponen struktur sebesar  $49924,76 \text{ N} < 240000 \text{ N}$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3 mengenai Ketentuan perhitungan penulangan balok dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).



Gambar 4. 28 Gaya Lintang Rencana Komponen Balok pada SRPMM

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

*Luasan yang diatasi oleh keliling luar irisan penampang beton*

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 200 \times 400 \\ &= 80000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

*Parameter luas irisan penampang beton  $A_{cp}$*

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 1200 \text{ mm} \end{aligned}$$

*Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang*

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - \phi_{geser}) \\ &= (200 - 2.50) - 10 \times (400 - (2.50) - 10) \\ &= 34100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

*Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang*

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2 \times ((b_{balok} - 2t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2t_{decking} - \phi_{geser})) \\ &= 2 \times ((200 - 2.50) - 10) + (200 - (2.50) - 10)) \\ &= 840 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 4.5.2.1 Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil out put diagram torsi pada SAP diperoleh momen puntir terbesar :

Momen Puntir Ultimate

Akibat Kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 0,39 x + 1,3 y

$$T_u = 2302690,77 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\ &= \frac{2302690,77 \text{ Nmm}}{0,75} \\ &= 3070254 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Geser Ultimate

$$V_u = 49924,763,4 \text{ N}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang daripada :

$$T_{u \min} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ = 1818439 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum  $T_u$  dapat diambil sebesar :

$$T_{u \max} = \phi 0,033 \lambda \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ = 7229938 \text{ Nmm}$$

#### Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat :

$T_{u \min} > T_u \rightarrow$  tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{u \min} < T_u \rightarrow$  memerlukan tulangan puntir

$T_{u \min} < T_u$

$$1818439 \text{ Nmm} < 2302690,77 \text{ Nmm}$$

(memerlukan tulangan puntir)

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

#### Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan

berikut :

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{B_w \cdot d} \right)^2 + \left( \frac{T_u \cdot P_h}{1,7 A_o h} \right)^2} \leq \phi \left( \frac{V_u}{B_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f_c} \right)$$

$$1,224607 \leq 3,368 \text{ (memenuhi)}$$

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

#### Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-

2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$AL = \frac{At}{s} Ph \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \emptyset$$

Dengan  $\frac{At}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times At \times F_{yt}}{s} \cot^2 \emptyset$$

Untuk beton non prategang  $\emptyset = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 28985 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times At \times F_{yt} \cot^2 \emptyset}$$

$$= 0,2206$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned} Al &= 0,37781 \times 1840 \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 45 \\ &= 308,9498 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan orsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$\begin{aligned} Al_{\min} &= \frac{0,42 \sqrt{f'c'} \times A_{cp}}{F_y} - \left( \frac{At}{s} \right) Ph \frac{F_{yt}}{F_y} \\ &= 348,865 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan  $\frac{At}{s}$  tidak boleh kurang dari :  $0,175 \frac{b_w}{f_{yt}}$

$$0,175 \frac{200}{240} = 0,1458$$

Maka

$$0,2206 > 0,1458 \rightarrow (\text{memenuhi})$$

Kontrol :

$A_l \text{ perlu} \leq A_{lmin}$  maka gunakan  $A_l \text{ min}$

$A_l \text{ perlu} \geq A_{lmin}$  maka gunakan  $A_l \text{ perlu}$

$$308,9498 \text{ mm}^2 \leq 348,865 \text{ mm}^2$$

(maka gunakan  $A_{lmin}$ )

Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar  $348,865 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{A_l}{4} = \frac{348,865 \text{ mm}^2}{4} = 87,21626 \text{ mm}$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar  $348,865 \text{ mm}^2$

pada sisi kanan dan kiri = dipasang luasan tulangan puntir

sebesar :

$$2x \frac{A_l}{4} = 2 \frac{348,865 \text{ mm}^2}{4} = 174,432 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$n = \frac{A_s}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$n = \frac{174,432 \text{ mm}^2}{90,415}$$

$$= 1,929 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan puntir 2D13

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$A_s = n \times \text{Luasan } D \text{ puntir}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times 0,25 \pi 13^2 \\
 &= 265,33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &\geq \text{As perlu} \\
 265,33 \text{ mm}^2 &\geq 174,432 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

*Sehingga dipasang tulangan puntir di tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan sebesar 2D13.*

#### 4.5.2.2 Perhitungan Penulangan Lentur

##### **DAREAH TUMPUAN KIRI**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$1,2 D + 1,0 LL + 1,3R_{sx} + 0,39R_{sy}$$

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned}
 X_b &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) x d \\
 &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) x 342 \\
 &= 205,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

##### **Garis netral maksimum**

$$\begin{aligned}
 X_{max} &= 0,75 \times X \\
 &= 0,75 \times 205,2 \text{ mm} \\
 &= 153,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned}
 X_{min} &= d' \\
 &= 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 f_c' b \beta_1 X_{rencana} \\ &= 0,85 \times 30 \times 200 \times 0,85 \times 150 \\ &= 650250 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan Tarik

$$\begin{aligned} Asc &= \frac{Cc'}{F_y} \\ &= \frac{650250 \text{ N}}{400} \\ &= 1625,635 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= Asc \times F_y x \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ &= 180932062,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen lentur nominal ( $M_n$ )

$$\text{Mu tumpuan} = 35126108 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ux}}{\phi}$$

$$M_n = 3902908,89 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$$M_{ns} > 0 \rightarrow \text{maka perlu tulangan lentur tekan}$$

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 3902908,89 \text{ Nmm} - 180932062,5 \text{ Nmm}$$

$$= -141903053,6 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$M_{ns} \leq 0$$

$M_{ns} = -141903053,6 \text{ Nmm} \leq 0$  ( tidak perlu tulangan lentur tekan)

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal*

✓ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c'} = 15,68627$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta}{F_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,054188$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,04064$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = 3902908,89 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b, d^2} = 2,17916$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] = 0,005703$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,005703 < 0,04064 \text{ (Oke)}$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,005703 \times 200 \times 342 \\ &= 390,0847 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur :

$$A_{sperlu} = A_s + A_t$$

$$A_{sperlu} = 390,084 \text{ mm}^2 + 87 \text{ mm}^2$$

$$A_{sperlu} = 477,3009 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_{sperlu}}{Luasan D_{lentur}}$$

$$n = \frac{477,3009 \text{ mm}^2}{200,96} = 2,3$$

Dipasang tulangan lentur 5 D 16

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 1004,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$1004,8 \text{ mm}^2 > 710,8349 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan pasang ( $A_s'$ ) Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 A_s \\ &= 0,3 \times 1004,8 \text{ mm}^2 \\ &= 301,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{Luasan D \text{ lentur}} \\ n &= \frac{241,152 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 1,2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur 2D16

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$401,92 \text{ mm}^2 > 301,44 \text{ mm}^2$  (memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow$  susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 5 D16 dan tulangan tekan 1 lapis 3D16

- Kontrol tulangan tarik

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 22)}{5 - 1}$$

$$= 5 \text{ mm}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

$5 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  (tidak memenuhi)

- Kontrol tulangan tekan

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1}$$

$$= 68 \text{ mm}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

$68 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$  (memenuhi)

*Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi ( $S_{max} \leq 25 \text{ mm}$ ), maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis*

- Kontrol tulangan tarik lapis 1

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 22)}{3 - 1}$$

$$= 26 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$26 \text{ mm} < 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

- Kontrol tulangan tarik lapis 2

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{200 - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1}$$

$$= 68 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$68 \text{ mm} < 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok bordes BD (45/65) untuk daerah tumpuan kiri :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis  
Lapis 1 = 3 D16  
Lapis 2 = 2 D16
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
Lapis 1 = 2 D22

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka muka kolom di kedua ujung kompone tersebut.  $M$  lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3 \times M$  lentur tumpuan (-)

*[SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1)]*

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 1004,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$401,92 \text{ mm}^2 \geq 1/3 1004,8 \text{ mm}^2$$

$$401,92 \text{ mm}^2 \geq 334,93 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik = 5 D16

Tulangan tekan = 2 D16

Karena tulangan di desain menjadi 2 lapis, kontrol kemampuan penampang menggunakan d 2 lapis

d'1 lapis = 58mm

d'2 lapis = 74 mm

d pakai = 326 mm

Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \left( \frac{As \cdot Fy}{0,85 \times f'c' \times b} \right)$$

$$a = 78,8078$$

$$Mn \text{ pasang} = As \cdot Fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 57513963,92 \text{ Nmm}^2$$

Maka :  $\theta Mn_{pasang} > M_{perlu}$

$$57513963,92 \text{ Nmm}^2 > 39029008,89 \text{ Nmm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk Balok anak : BA (20/40) As B' (1-2) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 5D16 dan tulangan tekan 2D16 dengan susunan sebagai berikut:

- Tulangan tarik 2 lapis  
Lapis 1 : 3D16  
Lapis 2 : 2D16
- Tulangan Tekan 1 Lapis  
Lapis 1 : 2D16

### **DAREAH TUMPUAN KANAN**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$1,2 D + 1,0 LL + 1,3R_{sx} + 0,39R_{sy}$$

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} Xb &= \left( \frac{600}{600 + Fy} \right) \times d \\ &= \left( \frac{600}{600 + Fy} \right) \times 342 \end{aligned}$$



$$= 205,2 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times X \\ &= 0,75 \times 205,2 \text{ mm} \\ &= 153,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 f_c' b \beta_1 X_{rencana} \\ &= 0,85 \times 30 \times 200 \times 0,85 \times 150 \\ &= 650250 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan Tarik

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{Cc'}{F_y} \\ &= 1625,625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times F_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ &= 180932062,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen lentur nominal ( $M_n$ )

Mu tumpuan = 54581081 Nmm

$$M_n = \frac{M_{ux}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{54581081 \text{ Nmm}}{0,8}$$

$$M_n = 60645645,56 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 60645645,56 \text{ Nmm} - 180932062,5 \text{ Nmm}$$

$$= -120286416,9 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$M_{ns} \leq 0$$

$$-120286416,9 \text{ Nmm} \leq 0 \text{ (tidak perlu tulangan}$$

lentur tekan)

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal*

✓ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c'} = \frac{F_y}{0,85 f_c'} = 15,68$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta}{F_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,054$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = 60645645,56 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = 3,386$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] = 0,0097$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0097 < 0,054 \text{ (Oke)}$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0097 \times 400 \times 579 \\ &= 632,618 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan torsi longitudinal untuk lentur :

$$A_{sperlu} = A_s + A_t$$

$$A_{sperlu} = 632,618 \text{ mm}^2 + 87 \text{ mm}^2$$

$$A_{sperlu} = 710,8349 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_{sperlu}}{Luasan Dlentur}$$

$$n = \frac{3208,17 \text{ mm}^2}{397,94 \text{ mm}^2} = 3,53$$

Dipasang tulangan lentur 5 D16

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 1004,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

1004,8 mm<sup>2</sup> > 710,8349 mm<sup>2</sup> (memenuhi)

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0,3 \text{ As} \\ &= 0,3 \times 1004,8 \text{ mm}^2 \\ &= 301,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luasan D lentur}} \\ n &= \frac{301,44 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 1,5 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur 2D22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\
 &= 401,92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

401,92 mm<sup>2</sup> > 301,44 mm<sup>2</sup> (memenuhi)

#### Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$  = 25 mm → susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar}$  = 25 mm → susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 5 D16 dan tulangan tekan 1 lapis 3D16

- Kontrol tulangan tarik

$S_{max}$

$$= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 22)}{5 - 1}$$

$$= 5 \text{ mm}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

5 mm > 25 mm (tidak memenuhi)

- Kontrol tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1} \\
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{2 - 1} \\
 &= 68 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$26 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

*Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi ( $S_{max} \leq 25 \text{ mm}$ ), maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis*

- Kontrol tulangan tarik lapis 1

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1} \\
 S_{max} &= \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 22)}{3 - 1} \\
 &= 26 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$26 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

- Kontrol tulangan tarik lapis 2

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1} \\
 S_{max} &= \frac{200 - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1}
 \end{aligned}$$

$$= 68 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

68 mm < 25 mm (memenuhi)

Maka dipakai tulangan lentur balok bordes BD (45/65) untuk daerah tumpuan kiri :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis  
     Lapis 1 = 3 D16  
     Lapis 2 = 2 D16
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
     Lapis 1 = 2 D22

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka muka kolom di kedua ujung kompone tersebut.  $M$  lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3 \times M$  lentur tumpuan (-)

*[SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1)]*

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 1004,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 401,92 \text{ mm}^2 &\geq 1/3 1004,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$401,92 \text{ mm}^2 \geq 334,93 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik = 5 D16

Tulangan tekan = 2 D16

Karena tulangan di desain menjadi 2 lapis, kontrol kemampuan penampang menggunakan d 2 lapis

d'1 lapis = 58mm

d'2 lapis = 74 mm

d pakai = 326 mm

Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \left( \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$a = 78,8078$$

$$Mn \text{ pasang} = A_s \cdot F_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 60809707,92 \text{ Nmm}^2$$

Maka :  $\theta M_{npasang} > M_{perlu}$

$$60809707,92 \text{ Nmm}^2 > 60645645,56 \text{ Nmm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk Balok Anak BA As B' (1-2) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 5D16 dan tulangan tekan 2D16 dengan susunan sebagai berikut:

- Tulangan tarik 2 lapis
  - Lapis 1 : 3D16
  - Lapis 2 : 2D16
- Tulangan Tekan 1 Lapis
  - Lapis 1 : 3D16



### DAREAH TUMPUAN LAPANGAN

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$1,2 D + 1,0 LL + 1,3R_{sx} + 0,39R_{sy}$$

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} Xb &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) x d \\ &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) x 342 \\ &= 205,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 x X \\ &= 0,75 x 205,2 \text{ mm} \\ &= 153,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 f_c' b \beta_1 X_{rencana} \\ &= 0,85 x 30 x 200 x 0,85 x 150 \\ &= 650250 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{F_y}$$

$$= 1625,625 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = Asc \times F_{yx} \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$= 180932062,5 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

Mu Lapangan = 4660209552 Nmm

$$Mn = \frac{M_{ux}}{\phi}$$

$$Mn = \frac{4660209552 \text{ Nmm}}{0,8}$$

$$Mn = 51780106,13 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 51780106,13 \text{ Nmm} - 180932062,5 \text{ Nmm}$$

$$= -129151956,4 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$M_{ns} \leq 0$$

-129151956,4 Nmm Nmm  $\leq 0$  ( tidak perlu tulangan  
lentur tekan)

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan  
perhitungan penulangan lentur tunggal*

✓ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c'} = \frac{F_y}{0,85 f_c'} = 15,68$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta}{F_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,054$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,0406$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = 51780106,13 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b, d^2} = 2,891$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] = 0,007692$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,0035 < 0,0077 < 0,0408 \text{ (Oke)}$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0077 \times 200 \times 342$$

$$= 526,1195 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan  
tambahan torsi longitudinal untuk lentur :

$$As_{perlu} = A_s + A_t$$

$$As_{perlu} = 526,1195 \text{ mm}^2 + 87 \text{ mm}^2$$

$$As_{perlu} = 613,3358 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As_{perlu}}{Luasan D_{lentur}}$$

$$n = \frac{613,3358 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 3,05$$

Dipasang tulangan lentur 5D16

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} As_{pasang} &= n_{pasang} \times luasan D_{lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 1004,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$As_{pasang} > As_{perlu}$$

$$1004,8 \text{ mm}^2 > 613,3358 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan pasang ( $As'$ ) Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} As' &= 0,3 As \\ &= 0,3 \times 1004,8 \text{ mm}^2 \\ &= 301,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Bawah)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luasan D \text{ lentur}}$$

$$n = \frac{301,44 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 1,5$$

Dipasang tulangan lentur 2D16

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} D \text{ lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16 \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$401,92 \text{ mm}^2 > 301,44 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 5D16 dan tulangan tekan 1 lapis 2D16

- Kontrol tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1} \\
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 22)}{5 - 1} \\
 &= 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

5 mm > 25 mm (tidak memenuhi)

- Kontrol tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1} \\
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 22)}{2 - 1} \\
 &= 68 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

68 mm < 25 mm (memenuhi)

*Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi ( $S_{max} \leq 25\text{mm}$ ), maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis*

- Kontrol tulangan tarik lapis 1

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1} \\
 S_{max} &= \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{3 - 1}
 \end{aligned}$$

= 26 mm

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

94 mm > 25 mm (memenuhi)

- Kontrol tulangan tarik lapis 2

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{200 - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1}$$

$$= 68 \text{ mm}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

172 mm > 25 mm (memenuhi)

Maka dipakai tulangan lentur Balok Anak BD (20/40)  
untuk daerah tumpuan kiri :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis  
Lapis 1 = 3 D16  
Lapis 2 = 2 D16
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
Lapis 1 = 2 D22

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka muka kolom di kedua ujung kompone tersebut.  $M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$

*[SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1)]*

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 1004,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 401,92 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)} \\ 401,92 \text{ mm}^2 &\geq 1/3 1004,8 \text{ mm}^2 \\ 401,92 \text{ mm}^2 &\geq 334,93 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik = 5 D16

Tulangan tekan = 2 D16

Karena tulangan di desain menjadi 2 lapis, kontrol kemampuan penampang menggunakan d 2 lapis

d' 1 lapis = 58mm

d' 2 lapis = 74 mm

d pakai = 326 mm

Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \left( \frac{As \cdot Fy}{0,85 \times f'c' \times b} \right)$$

$$a = 78,807$$

$$\begin{aligned}Mn \text{ pasang} &= As \cdot Fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 115027927,85 \text{ Nmm}^2\end{aligned}$$

Maka :  $\theta M_{npasang} > M_{perlu}$



$$0,8 \times 115027927,85 \text{ Nmm}^2 >= 51780106,13 \text{ Nmm}$$

$$97773738,67 \text{ Nmm} > 51780106,13 \text{ Nmm} (\text{memenuhi})$$

Jadi, penulangan lentur untuk Balok Anak BA As B' (1-2) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 5D16 dan tulangan tekan 2D16 dengan susunan sebagai berikut:

- Tulangan tarik 1 lapis  
Lapis 1 : 3D16  
Lapis 1 : 2D16
- Tulangan Tekan 1 Lapis  
Lapis 1 : 2D16

#### 4.5.2.3 Perhitungan Penulangan Geser

Tipe balok	: BI (20/40)
Dimensi balok (b balok)	: 200
Dimensi balok (h balok)	: 600
Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	: 30 Mpa
Kuat leleh tulangan geser ( $f_y$ )	: 240 Mpa
Diameter tulangan geser ( $\emptyset$ geser)	: 10 mm
$\beta_1$	: 0,85
Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ )	: 0,75
Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada BI (20/40) As B' (1-2) ,didapatkan:	

#### Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut:

$$\text{As pakai tulangan tarik } 5D16 = 1004,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan } 2D16 = 401,92 \text{ mm}^2$$

$$a = \left( \frac{(\text{As pakai tul tarik} \times F_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$= \left( \frac{(1004,8 \text{ mm}^2 \times 400)}{0,85 \times 30 \times 200} \right)$$

$$= 89,31 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ pasang} = As \cdot Fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1004,8 \text{ mm}^2 \times 400 \times \left( 342 - \frac{89,31 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 119507786 \text{ Nmm}$$

### **Momen Nominal Kanan**

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan luasan tulangan sebagai berikut:

As pakai tulangan tarik 5D16 = 1004,8 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan 2D16 = 401,92 mm<sup>2</sup>

$$a = \left( \frac{(As \text{ pakai tul tarik} \times Fy)}{0,85 \times f'c' \times b} \right)$$

$$= \left( \frac{(401,92 \text{ mm}^2 \times 400)}{0,85 \times 30 \times 200} \right)$$

$$= 35,72 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ pasang} = As \cdot Fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 401,92 \times 450 \times \left( 342 - \frac{35,72}{2} \right)$$

$$= 52110839,35 \text{ Nmm}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL+ 1,0LL, dari analisa SAP 2000 didapatkan :

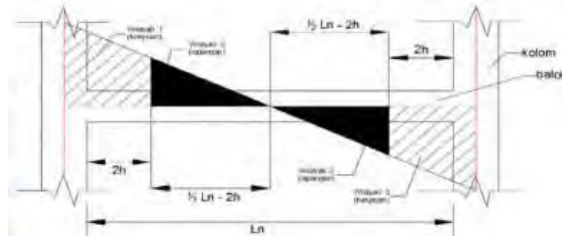
Gaya geser terfaktor Vu = 49924,76 N

### Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser(senggang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- *Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom kearah tengah bentang (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)*

- Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke  $\frac{1}{2}$  bentang balok.



Gambar 4. 29 Pembagian Wilayah Geser Pada Balok

#### Syarat Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa

(SNI 03-2847-2013)

$$\sqrt{f_c'} < \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{30} < 8,33$$

$$5,477 < 8,33 \text{ (memenuhi)}$$

#### Kuat Geser Beton

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.2.1.1)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,17 \times \sqrt{30} \times 200 \times 342 \\ &= 62440,37 \text{ N} \end{aligned}$$

#### Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{s \min} &= 0,33 \times b \times d \\ &= 0,33 \times 450 \times 539 \\ &= 22800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s \max} &= 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 200 \times 342 \\ &= 124880,7 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_s \max &= 0,66 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\
 &= 0,66 \times \sqrt{30} \times 200 \times 342 \\
 &= 249761,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### **Penulangan Geser Balok**

*Pada Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)*

Gaya geser diperoleh dari :

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{M_{nr} + M_{nl}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2} \\
 V_{u1} &= \frac{M_{nr} + M_{lr}}{l_n} + V_u
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.3.(1))

Dimana :

$V_u$  = Gaya geser pada muka perletakan

$M_{nl}$  = Momen nominal actual balok daerah tumpuan (kiri)

$M_{nr}$  = Momen nominal actual balok daerah tumpuan (kanan)

$l_n$  = Panjang bersih balok

$$V_u = 49924,76$$

$$M_{nl} = 119507786$$

$$M_{nr} = 52110839,35$$

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{52110839,35 + 119507786}{4500 - (2 \times 0,5 \times 600)} + 49924,76 \\
 &= 97596,60 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### **Kondisi 1**

$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser  
 $97596,60 \text{ N} \geq 23415,139 \text{ N}$  (**Tidak Memenuhi**)

### **Kondisi 2**

$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

23415,139 N ≤ 97596,60 N ≥ 46830,27 N      **(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 3

$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

46830,27 N ≤ 97596,60 N ≥ 63930,27 N      **(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 4

$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

63930,27 N ≤ 97596,60 N ≤ 140490,836 N **(Memenuhi)**

Kondisi 5

$\emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2 V_{s_{\max}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ perlu}} &= \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} \\
 &= \frac{97596,60 \text{ N} - 0,75 \times 62440,37 \text{ N}}{0,75} \\
 &= 67688,43 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v &= (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki} \\
 &= (0,25 \times \pi \times 22^2) \times 2 \\
 &= 157,08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu ( $S_{\text{perlu}}$ )

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{s \text{ perlu}}}$$

$$= \frac{157 \times 240 \times 342}{67688.43 \text{ N}}$$

$$= 190,388 \text{ mm}$$

Maka dipasang jarak 80 mm antar tulangan geser

#### Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$S_{\max} < \frac{d}{2} \quad \text{atau} \quad S_{\max} < 600$$

$$80 < \frac{342}{2} \quad \text{atau} \quad 80 < 600$$

$$80 \text{ mm} < 171 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10-80mm.

#### **Cek Persyaratan SRPMM Untuk Kekuatan Geser Balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

a.  $d/4$

b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal

c. 24 kali diameter sengkang, dan

d. 300 mm

**(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.(2))**

$$S_{\max} < \frac{d}{4}$$

$$80 \text{ mm} < \frac{342}{4}$$

$$80 \text{ mm} < 85,5 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_{\max} < 8 D_{\text{lentur}}$$

$$80 \text{ mm} < 8 (16)$$

$$80 \text{ mm} < 128 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_{\max} < 24 D_{\text{sengkang}}$$

$$80 \text{ mm} < 24 (10)$$

$$80 \text{ mm} < 240 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_{\max} < 300 \text{ mm}$$

$$80 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, penulangan geser balok untuk balok B1 (20/40) pada Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang Ø10-80 mm dengan sengkang 2 kaki.

Pada Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{Vu2}{\frac{1}{2}ln - 2h} &= \frac{Vu1}{\frac{1}{2}ln} \\ Vu2 &= \frac{Vu1 \times (\frac{1}{2}ln - 2h)}{\frac{1}{2}ln} \\ &= \frac{97596.60 \text{ N} \times (\frac{1}{2} \times 3900 - 2 \times 600)}{\frac{1}{2} \times 3900} \\ &= 57556,96 \text{ N} \end{aligned}$$

Kondisi 1

$Vu \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot Vc \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

$$57556,96 \text{ N} \geq 23415,139 \text{ N} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 2

$0,5 \cdot \emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset \cdot Vc \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

$$23415,139 \text{ N} \leq 57556,96 \text{ N} < 46820,27 \text{ N} \quad (\text{Tidak}$$

**Memenuhi)**

Kondisi 3

$\emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset (Vc + Vs_{\min}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

46820,27 N  $\leq$  57556,96 N < 63930,27 N **(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 4

$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

63930,27 N  $\leq$  57556,96 N  $\leq$  140490,83 N **(Memenuhi)**

Kondisi 5

$\emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2 V_{s_{\max}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan

$$\begin{aligned} V_{s \text{ perlu}} &= \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} \\ &= \frac{57556,96 \text{ N} - 0,75 \times 62440,37 \text{ N}}{0,75} \\ &= 14302,25 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser  $\emptyset 10$  mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki} \\ &= (0,25 \times \pi \times 22^2) \times 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu ( $S_{\text{perlu}}$ )

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{s \text{ perlu}}} \\ &= \frac{157 \times 240 \times 539}{14302,25 \text{ N}} \\ &= 901,02 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4



$$S_{\max} < \frac{d}{2} \quad \text{atau} \quad S_{\max} < 600$$

$$150 < \frac{539}{2} \quad \text{atau} \quad 150 < 600$$

$$150 \text{ mm} < 270 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10-150 mm.

#### 4.5.2.4 Perhitungan Panjang Peyaluran

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.

##### Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2 Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

[SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.1]

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2 sebagai berikut

Tabel 4. 18 Panjang Penyaluran

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau pengikat sepanjang $l_d$ tidak kurang dari minimum Tata Cara atau Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari $d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2.1\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.7\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.4\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.1\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Dimana :

$\lambda d$  = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = diameter tulangan lentur yang dipakai

$\Psi_t$  = faktor lokasi penulangan (1)

$\Psi_e$  = faktor pelapis (1,5)

$\lambda$  = faktor beton agregat ringan = 1 (beton normal)

Perhitungan :

$$\lambda d = \left( \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$$

$$\lambda d = \left( \frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7\lambda \sqrt{30'}} \right) 16 = 687,338$$

Syarat :  $\lambda d > 300$

$$687,338 > 300$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ pasang}}} \lambda_d$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{710,84}{1004,8} 687,338 = 486,247$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik = 500

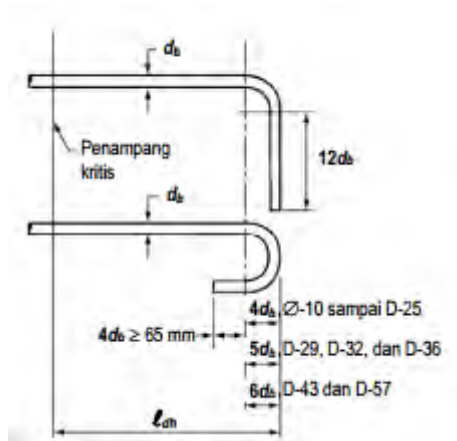
#### Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 12.5*

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm.

*(SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.1)*

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.2 Untuk batang tulangan ulir  $\lambda_d$  harus sebesar  $(0,24 \psi_e F_y / \lambda \sqrt{f_c'}) / d_b$  dengan  $\psi_e$  diambil sebesar 1,2 untuk tulangan dilapisi epoksi, dan  $\lambda$  diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya,  $\psi_e$  dan  $\lambda$  harus diambil sebesar 1,0.



Gambar 4. 30 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

$$\lambda_{dh} = \frac{0,24\psi_e F_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} d_b$$

$$\lambda_{dh} = \frac{0,24 \cdot 1.400}{\lambda \sqrt{30}} 16 = 280,433$$

Syarat :  $\lambda_{dh} > 150$

$$280,433 > 150$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \lambda_d$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{710,84}{1004,8} \cdot 280,433 = 198,15$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik  
= 200

Panjang kait

$$12db = 12 \times 16 = 192$$

### Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tekan

Peyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.3

Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan tidak boleh kurang dari 200 mm

*(SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.1)*

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.2 panjang penyaluran diambil terbesar dari:

$$\lambda_{dc} = \frac{0,24 \psi_e F_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \text{ db} \qquad \lambda_{dc} = 0,043 f_y \text{ db}$$

$$\lambda_{dc} = 210,32 \qquad \lambda_{dc} = 275,2$$

Diambil 275.2 mm

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

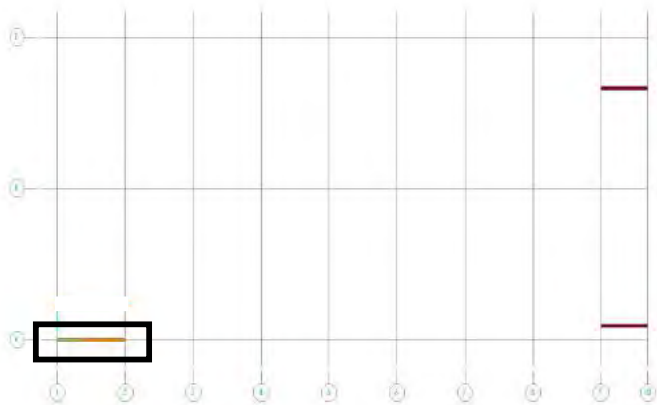
$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{301,44}{602,88} \cdot 275,2 = 137,6$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik  
= 150

$$4db + 4db = 4(16) + 4(16) = 128 \text{ mm}$$

#### 4.5.3 PENULANGAN BORDES

Perhitungan tulangan Balok Bordes : BB (35/50) As A (1-2) elevasi  $\pm 5,94$ . Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut :



*Gambar 4. 31 Balok Bordes Yang Ditinjau*

a. Data-data perencanaan tulangan balok :

- Tipe balok : B1
- As balok : As A (1-2)
- Bentang balok (L balok) : 4500mm
- Dimensi balok (b balok) : 350 mm
- Dimensi balok (h balok) : 500 mm
- Bentang kolom (L kolom) : 9000 mm
- Dimensi kolom (b kolom) : 600 mm
- Dimensi kolom (h kolom) : 600 mm
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 25 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 MPa

- Kuat leleh tulangan geser ( $f_{yv}$ ) : 240 MPa
- Kuat leleh tulangan puntir ( $f_{yt}$ ) : 400 MPa
- Diameter tulangan lentur ( $D$  lentur) : 22 mm
- Diameter tulangan geser ( $\emptyset$  geser) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir ( $\emptyset$  puntir) : 19 mm
- Jarak spasi tulangan sejajar ( $S$  sejajar) : 25 mm  
(SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1)
- Jarak spasi tulangan antar lapis : 25 mm  
(SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.1)
- Tebal selimut beton ( $t$  decking) : 30 mm  
(SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1))
- Faktor  $\beta_1$  : 0,85  
(SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1))
- Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ ) : 0,8  
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1))
- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ ) : 0,75  
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))
- Faktor reduksi kekuatan puntir ( $\phi$ ) : 0,75  
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Maka tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \phi_{\text{sengkang}} - 1/2 \phi \text{ tul lentur} \\
 &= 500 - 30 - 10 - (22/2) \\
 &= 449 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \phi_{\text{sengkang}} + 1/2 \phi \text{ tul lentur} \\
 &= 30 + 10 + (22/2) \\
 &= 51 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

b. Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok. Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa

#### Kombinasi Beban Non Gempa :

- Pembebanan akibat beban mati  
= 1,4 DL
- Pembebanan akibat beban mati dan beban hidup.  
= 1,2 DL + 1,6 LL
- Pembebanan akibat beban mati, beban hidup dan beban angin.  
= 1,2 DL + 1,6 LL + 0,8 W
- Pembebanan akibat beban mati dan beban angin.  
= 0,9 DL + 1,0 W

#### Kombinasi Beban Gempa :

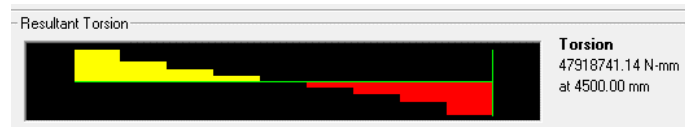
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X.  
= 1,2 DL + 1,0 LL + 1,3 EQX + 0,39 EQY
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y  
= 1,2 DL + 1,0 LL + 0,39 EQX + 1,3 EQY
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu X.  
= 1,2 DL + 1,0 LL - 1,3 EQX - 0,39 EQY
- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu Y  
= 1,2 DL + 1,0 LL - 0,39 EQX - 1,3 EQY



## HASIL OUTPUT DIAGRAM TORSI, LENTUR GESER

Untuk perhitungan tulangan balok, diambil momen terbesar dari beberapa kombinasi akibat beban gravitasi dan gempa. Kombinasi 1,2 D + 1,6L adalah kombinasi kritis dalam pemodelan.

### Hasil output diagram torsi



$$T_u = 47918741,14 \text{ Nmm}$$

### Hasil output diagram momen lentur

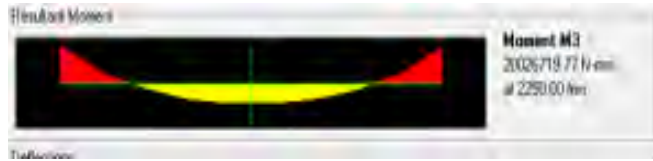
#### Tumpuan Kiri (-)



#### Tumpuan Kanan (-)



#### Lapangan



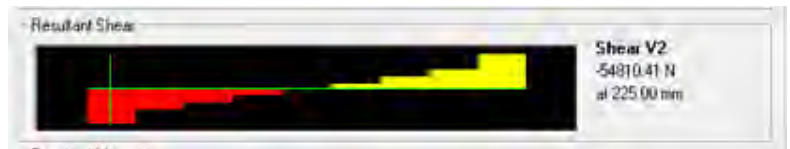
Kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + RSx + 0,3RSy

Momen tumpuan kiri = 40501330 Nmm

Momen tumpuan kanan = 40346745 Nmm

Momen lapangan = 20026719,77Nmm

### Hasil output diagram Gaya Geser



$V_u = 54810,41\text{N}$

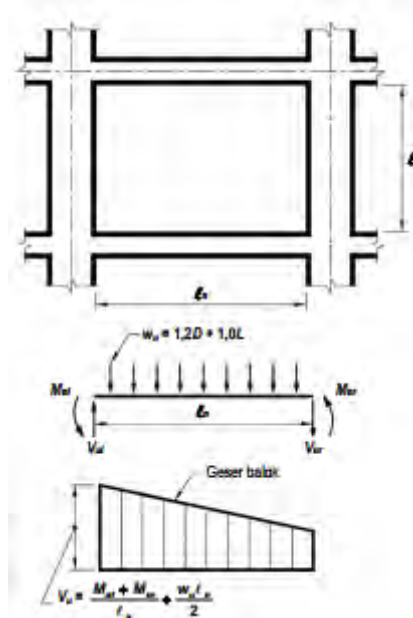
#### c. Syarat Gaya aksial pada balok

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan SRPMM harus memenuhi ketentuan ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi :

$$\frac{A_g \times f_c'}{10} = \frac{200 \times 400 \times 30}{10} = 240000\text{N}$$

Berdasarkan analisa struktur SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi 1,2D+1L+RSx+0,3RSy pada komponen struktur sebesar 27181,6 N < 240000N.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3 mengenai Ketentuan perhitungan penulangan balok dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).



Gambar 4. 32 Gaya Lintang Rencana Komponen Balok pada SRPMM

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Luasan yang diatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 350 \times 500 \end{aligned}$$

$$= 175000 \text{ mm}^2$$

*Parameter luas irisan penampang beton Acp*

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 1700 \text{ mm} \end{aligned}$$

*Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang*

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - \phi_{geser}) \\ &= (350 - 2(30) - 10) \times (550 - (2(30) - 10)) \\ &= 106600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

*Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang*

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2 \times ((b_{balok} - 2t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2t_{decking} - \phi_{geser})) \\ &= 2 \times ((350 - 2(30) - 10) + (450 - (2(30) - 10))) \\ &= 1340 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 4.5.3.1 Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil out put diagram torsi pada SAP diperoleh momen puntir terbesar :

Momen Puntir Ultimate

Akibat Kombinasi 1,2 DL + 1,6 L

$$T_u = 47918741,14 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\ &= \frac{47918741,14 \text{ Nmm}}{0,75} \\ &= 63891654,85 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Geser Ultimate

$$V_u = 54810 \text{ N}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned} T_{u \min} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 6142245 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum  $T_u$  dapat diambil sebesar :

$$T_{umax} = \phi 0,033 \lambda \sqrt{f_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ = 24420975 \text{ Nmm}$$

#### Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat :

$T_{umin} > T_u \rightarrow$  tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{umin} < T_u \rightarrow$  memerlukan tulangan puntir

$T_{umin} < T_u$

$$6142245 \text{ Nmm} < 47918741,14 \text{ Nmm}$$

(memerlukan tulangan puntir)

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

#### Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan

berikut :

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{B_w \cdot d} \right)^2 + \left( \frac{T_u \cdot P_h}{1,7 A_o h} \right)^2} \leq \phi \left( \frac{V_u}{B_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f_c} \right)$$

$$3,3421 \leq 3,368 \text{ (memenuhi)}$$

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

#### Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_L = \frac{A_t}{s} P_h \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \phi$$

Dengan  $\frac{At}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot^2 \theta$$

Untuk beton non prategang  $\theta = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 90610 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \cot^2 \theta}$$

$$= 0,88$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_l &= 0,88 \times 1340 \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 45 \\ &= 1968,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan orsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$\begin{aligned} A_{l \text{ min}} &= \frac{0,42 \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{F_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) P_h \frac{F_{yt}}{F_y} \\ &= 297 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan  $\frac{At}{s}$  tidak boleh kurang dari :  $0,175 \frac{b_w}{f_{yt}}$

$$0,175 \frac{200}{240} = 0,1458$$

Maka

$$0,88 > 0,1458 \rightarrow (\text{memenuhi})$$

Kontrol :

Al perlu  $\leq$  Almin maka gunakan Al min

Alperlu  $\geq$  Almin maka gunakan Alperlu

$$297,78 \text{ mm}^2 \leq 1968,48 \text{ mm}^2$$

(maka gunakan Almin)

Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar  $1968,48 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{Al}{4} = \frac{1968,48 \text{ mm}^2}{4} = 492,12 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar  $348,865 \text{ mm}^2$

pada sisi kanan dan kiri = dipasang luasan tulangan puntir

sebesar :

$$2x \frac{Al}{4} = 2 \frac{1968,48 \text{ mm}^2}{4} = 984 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$n = \frac{As}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$n = \frac{984,24 \text{ mm}^2}{283,38}$$

$$= 3,47 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan puntir 4D19

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$As = n \times \text{Luasan } D \text{ puntir}$$

$$= 4 \times 0,25 \pi 19^2$$

$$= 1133,54 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang  $\geq$  As perlu

$1133,54 \text{ mm}^2 \geq 984,24 \text{ mm}^2$  (memenuhi)

*Sehingga dipasang tulangan puntir di tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan sebesar 4D19.*

#### 4.5.3.2 Perhitungan Penulangan Lentur

##### **DAREAH TUMPUAN KIRI**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

1,2 D + 1,6 LL

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} Xb &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) x d \\ &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) x 442 \\ &= 265,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 x X \\ &= 0,75 x 265,2 \text{ mm} \\ &= 189,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral rencana (asumsi)



$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 f_c' b \beta_1 X_{rencana} \\ &= 0,85 \times 30 \times 350 \times 0,85 \times 150 \\ &= 1137937,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan Tarik

$$\begin{aligned} Asc &= \frac{Cc'}{F_y} \\ &= \frac{1137937,5 \text{ N}}{400} \\ &= 2844,843 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} Mnc &= Asc \times F_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ &= 430424859,4 \end{aligned}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$\text{Mu tumpuan} = 40501330 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{40501330 \text{ Nmm}}{\phi}$$

$$Mn = 45001477,8 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$$Mns > 0 \rightarrow \text{maka perlu tulangan lentur tekan}$$

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 45001477,8 \text{ Nmm} - 430424859,45 \text{ Nmm}$$

$$= -385423381,6 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$M_{ns} \leq 0$$

$-385423381,6 \text{ Nmm} \leq 0$  ( tidak perlu tulangan  
lentur tekan)

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan  
perhitungan penulangan lentur tunggal*

✓ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c'} = 15,68627$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta}{F_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,054$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,0406$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = 59863673,3 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b, d^2} = 0,8596$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] = 0,00219$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,0035 < 0,00219 < 0,054 \text{ (Oke)}$$

Maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,0035$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \times 350 \times 442 \\ &= 541,45 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik

$$A_t = 492,12 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur ditambahkan luasan tulangan puntir  $= 541,45 \text{ mm}^2 + 492,12 \text{ mm}^2 = 1042,146 \text{ mm}^2$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ lentur}}} \\ n &= \frac{1042,146 \text{ mm}^2}{283,38} = 2,7 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur 3 D22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 1139,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$

$1139,82 \text{ mm}^2 > 1042,16 \text{ mm}^2$  (memenuhi)

Luasan pasang ( $A_s'$ ) Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 A_s \\ &= 0,3 \times 1139,82 \text{ mm}^2 \\ &= 341,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{Luasan D \text{ lentur}} \\ n &= \frac{341,94 \text{ mm}^2}{283,38 \text{ mm}^2} = 0,9 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur 2D22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$759,88 \text{ mm}^2 > 341 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow$  susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 3 D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol tulangan tarik

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 30) - (2 \times 10) - (3 \times 22)}{3 - 1}$$

$$= 102 \text{ mm}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

$102 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$  (memenuhi)

- Kontrol tulangan tekan

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (2 \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 30) - (2 \times 10) - (3 \times 22)}{2 - 1}$$

$$= 226 \text{ mm}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

$226 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$  ( memenuhi)

*Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi ( $S_{max} \leq 25 \text{ mm}$ ) , maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis*

Maka dipakai tulangan lentur balok bordes BD (35/55) untuk daerah tumpuan kiri :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis  
Lapis 1 = 3 D22
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
Lapis 1 = 2 D22

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka muka kolom di kedua ujung kompone tersebut.  $M$  lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3 \times M$  lentur tumpuan (-)

*[SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1)]*

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1139,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 758,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$758,88 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$758,88 \text{ mm}^2 \geq 379,94 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik = 3 D22

Tulangan tekan = 2 D22

Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \left( \frac{As \cdot Fy}{0,85 \times f'c \times b} \right)$$

$$a = 51,08$$

$$\begin{aligned} Mn \text{ pasang} &= As \cdot Fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 168932990,4 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Maka :  $\theta Mn_{pasang} > M_{perlu}$

$$0,8 \times 168932990,4 \text{ Nmm}^2 > 45001477,8 \text{ Nmm}$$

$$143593041,8 \text{ Nmm} > 45001477,8 \text{ Nmm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk Balok Induk B1 As A (1-2) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 3D22 dan tulangan tekan 2D22 dengan susunan sebagai berikut:

- Tulangan tarik 2 lapis  
Lapis 1 : 3D22
- Tulangan Tekan 1 Lapis  
Lapis 1 : 2D22

### **DAREAH TUMPUAN KANAN**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$1,2 D + 1,6 LL$$

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left( \frac{600}{600 + Fy} \right) \times d$$

$$= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \times 442$$

$$= 265,2 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times X$$

$$= 0,75 \times 265,2 \text{ mm}$$

$$= 189,9 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$= 58 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 f_c' b \beta_1 X_{rencana}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 350 \times 0,85 \times 150$$

$$= 1137937,5 \text{ N}$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{F_y}$$

$$= \frac{1137937,5 \text{ N}}{400}$$

$$= 2844,843 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal



$$M_{nc} = A_{sc} \times F_{yx} \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$= 430424859,4$$

Momen lentur nominal ( $M_n$ )

Mu tumpuan = 40346745 Nmm

$$M_n = \frac{40346745 \text{ Nmm}}{\phi}$$

$$M_n = 44829716,67 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 44829716,67 \text{ Nmm} - 430424859,45 \text{ Nmm}$$

$$= -393560705 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$M_{ns} \leq 0$$

$-393560705 \text{ Nmm} \leq 0$  ( tidak perlu tulangan  
lentur tekan)

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan  
perhitungan penulangan lentur tunggal*

- ✓ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{F_y}{0,85 f'c} = 15,68627$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f'c \beta}{F_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,054$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,0406$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = 44829716,67 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = 0,82983$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] = 0,0021$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0021 < 0,054 \text{ (No Oke)}$$

Maka digunakan  $\rho_{min} = 0,0035$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \times 350 \times 442$$

$$= 541,45 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik

$$A_t = 492,12 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur ditambahkan luasan tulangan puntir  $= 541,45 \text{ mm}^2 + 492,12 \text{ mm}^2 = 1042,146 \text{ mm}^2$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luasan D \text{ lentur}}$$

$$n = \frac{1042,146 \text{ mm}^2}{283,38} = 2,7$$

Dipasang tulangan lentur 3 D22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1139,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

1139,82 mm<sup>2</sup> > 1042,16 mm<sup>2</sup> (memenuhi)

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} As' &= 0,3 As \\ &= 0,3 \times 1139,82 \text{ mm}^2 \\ &= 341,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Bawah)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luasan D \text{ lentur}}$$

$$n = \frac{341,94 \text{ mm}^2}{283,38 \text{ mm}^2} = 0,9$$

Dipasang tulangan lentur 2D22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang > As perlu

$$759,88 \text{ mm}^2 > 341 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 3 D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol tulangan tarik

$S_{max}$

$$= \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 30) - (2 \times 10) - (3 \times 22)}{3 - 1}$$

$$= 102 \text{ mm}$$

$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$

$$102 \text{ mm} > 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

- Kontrol tulangan tekan

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (2 \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 30) - (2 \times 10) - (3 \times 22)}{2 - 1}$$

$$= 226 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$226 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

*Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi ( $S_{max} \leq 25 \text{ mm}$ ), maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis*

Maka dipakai tulangan lentur balok bordes BD (35/55) untuk daerah tumpuan kiri :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis  
Lapis 1 = 3 D22
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
Lapis 1 = 2 D22

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka muka kolom di kedua ujung kompone tersebut.  $M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$

[SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1)]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 1139,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 758,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$758,88 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \ 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$758,88 \text{ mm}^2 \geq 379,94 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik = 3 D22

Tulangan tekan = 2 D22

Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \left( \frac{As \cdot Fy}{0,85 \times f'c' \times b} \right)$$

$$a = 51,08$$

$$Mn \text{ pasang} = As \cdot Fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 168932990,4 \text{ Nmm}^2$$

Maka :  $\phi Mn_{pasang} > M_{perlu}$

$$0,8 \times 168932990,4 \text{ Nmm}^2 > 45001477,8 \text{ Nmm}$$

$$143593041,8 \text{ Nmm} > 45001477,8 \text{ Nmm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk Balok Induk B1 As A (1-2) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 3D22 dan tulangan tekan 2D22 dengan susunan sebagai berikut:

- Tulangan tarik 2 lapis  
Lapis 1 : 3D22
- Tulangan Tekan 1 Lapis  
Lapis 1 : 2D22

### **DAREAH TUMPUAN LAPANGAN**

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

1,2 D + 1,6 LL

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} Xb &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) x d \\ &= \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) x 442 \\ &= 265,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 x X \\ &= 0,75 x 265,2 \text{ mm} \\ &= 189,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 f_c' b \beta_1 X_{rencana} \\ &= 0,85 \times 30 \times 350 \times 0,85 \times 150 \\ &= 1137937,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan Tarik

$$\begin{aligned} Asc &= \frac{Cc'}{F_y} \\ &= \frac{1137937,5 \text{ N}}{400} \\ &= 2844,843 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= Asc \times F_{yx} \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ &= 430424859,4 \end{aligned}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$\mu_{lapangan} = 20026719,8 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{20026719,8 \text{ Nmm}}{\phi}$$

$$M_n = 22251910,9 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :



$M_{ns} > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 22251910,9 \text{ Nmm} - 430424859,4 \text{ Nmm}$$

$$= -408172948,5 \text{ Nmm}$$

Maka,

$$M_{ns} \leq 0$$

$-408172948,5 \text{ Nmm} \leq 0$  ( tidak perlu tulangan  
lentur tekan)

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan  
perhitungan penulangan lentur tunggal*

✓ Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c'} = 15,68627$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta}{F_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,054$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,0406$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = 22251910,9 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b, d^2} = 0,42$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] = 0,00107$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,0035 < 0,00107 < 0,054 (\text{Oke})$$

Maka digunakan  $\rho_{\min} = 0,0035$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \times 350 \times 442 \\ &= 541,45 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik

$$A_t = 492,12 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur ditambahkan luasan tulangan puntir  $= 541,45 \text{ mm}^2 + 492,12 \text{ mm}^2 = 1042,146 \text{ mm}^2$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{Luasan D \text{ lentur}} \\ n &= \frac{1042,146 \text{ mm}^2}{283,38} = 2,7 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur 3 D22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 1139,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$$1139,82 \text{ mm}^2 > 1042,16 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan pasang ( $A_s'$ ) Tulangan Lentur Tekan

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,3 A_s \\ &= 0,3 \times 1139,82 \text{ mm}^2 \\ &= 341,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{Luasan D \text{ lentur}} \\ n &= \frac{341,94 \text{ mm}^2}{283,38 \text{ mm}^2} = 0,9 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur 2D22

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Bawah)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$759,88 \text{ mm}^2 > 341 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 3 D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol tulangan tarik

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (n \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 30) - (2 \times 10) - (3 \times 22)}{3 - 1}$$

$$= 102 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$102 \text{ mm} > 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

- Kontrol tulangan tekan

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t \text{ selimut}) - (2 \times D \text{ geser}) - (2 \times \emptyset b)}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times 30) - (2 \times 10) - (3 \times 22)}{2 - 1}$$

$$= 226 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$226 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

*Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi ( $S_{max} \leq 25 \text{ mm}$ ), maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis*

Maka dipakai tulangan lentur balok bordes BD (35/55)

untuk daerah tumpuan kiri :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis  
Lapis 1 = 3 D22
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
Lapis 1 = 2 D22

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok**

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka muka kolom di kedua ujung kompone tersebut.  $M$  lentur tumpuan (+)  $\geq 1/3 \times M$  lentur tumpuan (-)

*[SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1)]*

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 1139,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 758,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$758,88 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$758,88 \text{ mm}^2 \geq 379,94 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik = 3 D22

Tulangan tekan = 2 D22

Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \left( \frac{As \cdot Fy}{0,85 \times f'c' \times b} \right)$$

$$a = 51,08$$

$$Mn \text{ pasang} = As \cdot Fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 168932990,4 \text{ Nmm}^2$$

Maka :  $\theta Mn \text{ pasang} > M \text{ perlu}$

$$0,8 \times 168932990,4 \text{ Nmm}^2 > 45001477,8 \text{ Nmm}$$

$$143593041,8 \text{ Nmm} > 45001477,8 \text{ Nmm (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk Balok Induk B1 As A (1-2) pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 3D22 dan tulangan tekan 2D22 dengan susunan sebagai berikut:

- Tulangan tarik 2 lapis  
Lapis 1 : 3D22
- Tulangan Tekan 1 Lapis  
Lapis 1 : 2D22

#### 4.5.3.3 Perhitungan Penulangan Geser

Tipe balok	: BB (35/50)
Dimensi balok (b balok)	: 200
Dimensi balok (h balok)	: 600
Kuat tekan beton (fc')	: 30 Mpa
Kuat leleh tulangan geser (fyv)	: 240 Mpa

Diameter tulangan geser ( $\emptyset$  geser) : 10 mm  
 $\beta_1$  : 0,85  
 Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ ) : 0,75  
 Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada BI (20/40)  
 As A (1-2) didapatkan:

### **Momen Nominal Kiri**

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut:

As pakai tulangan tarik 7D16 = 1406,72 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan 3D16 = 602,88 mm<sup>2</sup>

$$a = \left( \frac{(As \text{ pakai tul tarik} \times F_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$= \left( \frac{(1406,72 \text{ mm}^2 \times 400)}{0,85 \times 30 \times 250} \right)$$

$$= 71,45 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ pasang} = As \cdot F_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1406,72 \text{ mm}^2 \times 400 \times \left( 442 - \frac{71,45 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 228605379.5 \text{ Nmm}$$

### **Momen Nominal Kanan**

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan luasan tulangan sebagai berikut:

As pakai tulangan tarik 7D16 = 1406,72 mm<sup>2</sup>

As pakai tulangan tekan 3D16 = 602,88 mm<sup>2</sup>

$$a = \left( \frac{(As \text{ pakai tul tarik} \times F_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$= \left( \frac{(602,88 \text{ mm}^2 \times 400)}{0,85 \times 30 \times 200} \right)$$

$$= 30,622 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ pasang} = As \cdot F_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 401,92 \times 450 \times \left( 342 - \frac{30,622}{2} \right) \\
 &= 102896848,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

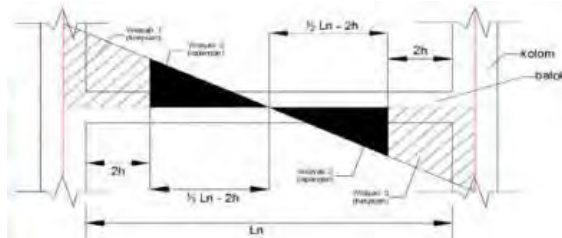
Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL+ 1,6LL, dari analisa SAP 2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor  $V_u = 54810,41\text{N}$

### Pembagian Wilayah Geser Balok

Dalam perhitungan tulangan geser(senggang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom kearah tengah bentang (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.2)
- Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke  $\frac{1}{2}$  bentang balok.



Gambar 4. 33 Pembagian wilayah geser pada Balok

### Syarat Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa

(SNI 03-2847-2013)

$$\sqrt{f_c'} < \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{30} < 8,33$$

$$5,477 < 8,33 \text{ (memenuhi)}$$



**Kuat Geser Beton**

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.2.1.1)

$$\begin{aligned}
 Vc &= 0,17 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= 0,17 \times \sqrt{30} \times 350 \times 442 \\
 &= 62440,37 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**Kuat Geser Tulangan Geser**

$$\begin{aligned}
 Vs \text{ min} &= 0,33 \times b \times d \\
 &= 0,33 \times 350 \times 442 \\
 &= 51566,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vs \text{ max} &= 0,33 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 350 \times 442 \\
 &= 282442 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2Vs \text{ max} &= 0,66 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= 0,66 \times \sqrt{30} \times 350 \times 442 \\
 &= 564885 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**Penulangan Geser Balok***Pada Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)*

Gaya geser diperoleh dari :

$$Vu1 = \frac{Mnr + Mnl}{ln} + \frac{Wu \times ln}{2}$$

$$Vu1 = \frac{Mnr + Mlr}{ln} + Vu$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.3.(1))

Dimana :

Vu1 = Gaya geser pada muka perletakan

Mnl = Momen nominal actual balok daerah tumpuan (kiri)

Mnr = Momen nominal actual balok daerah tumpuan (kanan)

ln = Panjang bersih balok

$$Vu = 564885 \text{ N}$$

$$M_{nl} = 228605379.5 \text{ Nmm}$$

$$M_{nr} = 102896848,3 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{102896848,3 + 228605379,5}{4500 - (2 \times 0,5 \times 600)} + 564885 \text{ N} \\ &= 150206,7345 \text{ N} \end{aligned}$$

#### Kondisi 1

$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser  
 $150206,7345 \text{ N} \geq 52957,92 \text{ N}$  **(Tidak Memenuhi)**

#### Kondisi 2

$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser  
 $52957,92 \text{ N} \leq 150206,7345 \text{ N} \geq 105915,84 \text{ N}$   
**(Tidak Memenuhi)**

#### Kondisi 3

$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser  
 $105915,84 \text{ N} \leq 150206,7345 \text{ N} \geq 144590,84 \text{ N}$   
**(Tidak Memenuhi)**

#### Kondisi 4

$\emptyset (V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{max}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser  
 $144590,84 \text{ N} \leq 150206,7345 \text{ N} \leq 317747,54 \text{ N}$   
**(Memenuhi)**

#### Kondisi 5

$\emptyset (V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2 V_{s_{max}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4

$$V_{s \text{ perlu}} = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

$$= \frac{150206,7345 \text{ N} - 52957,92 \text{ N}}{0,75}$$

$$= 59054,51 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$A_v = (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki}$$

$$= (0,25 \times \pi \times 22^2) \times 2$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu ( $S_{\text{perlu}}$ )

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{s \text{ perlu}}}$$

$$= \frac{157 \times 240 \times 442}{59054,51 \text{ N}}$$

$$= 282,02 \text{ mm}$$

Maka dipasang jarak 100 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$S_{\text{max}} < \frac{d}{2} \quad \text{atau} \quad S_{\text{max}} < 600$$

$$100 < \frac{342}{2} \quad \text{atau} \quad 100 < 600$$

$$72 \text{ mm} < 221 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10-75mm.

### **Cek Persyaratan SRPMM Untuk Kekuatan Geser Balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

a.  $d/4$

b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal

c. 24 kali diameter sengkang, dan

d. 300 mm

**(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.(2))**

$$S_{\max} < \frac{d}{4}$$

$$100 \text{ mm} < \frac{449}{4}$$

$$100 \text{ mm} < 112,25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_{\max} < 8 D_{\text{lentur}}$$

$$100 \text{ mm} < 8 (22)$$

$$100 \text{ mm} < 176 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_{\max} < 24 D_{\text{sengkang}}$$

$$100 \text{ mm} < 24 (10)$$

$$100 \text{ mm} < 240 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_{\max} < 300 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

*Jadi, penulangan geser balok untuk balok B1 (35/50) pada Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang Ø10-100 mm dengan sengkang 2 kaki.*

*Pada Wilayah 2 (Daerah Lapangan)*

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{Vu2}{\frac{1}{2}ln - 2h} = \frac{Vu1}{\frac{1}{2}ln}$$

$$Vu2 = \frac{Vu1 \times (\frac{1}{2}ln - 2h)}{\frac{1}{2}ln}$$

$$= \frac{150206,7345 \text{ N} \times (\frac{1}{2} \times 3900 - 2 \times 600)}{\frac{1}{2} \times 3900}$$

$$= 73177,6399 \text{ N}$$

Kondisi 1

$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser  
 $73177,6399 \text{ N} \geq 52957,922 \text{ N}$  (**Tidak Memenuhi**)

Kondisi 2

$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser  
 $52957,922 \text{ N} \leq 73177,6399 \text{ N} < 105915,84 \text{ N}$  (**Tidak Memenuhi**)

Kondisi 3

$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan

Kondisi 4

$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

Kondisi 5

$\emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2 V_{s_{\max}}) \rightarrow$  Tidak Perlu Tulangan Geser

Maka perencanaan penulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 2

$$\begin{aligned} V_{s \min} &= 0,33 \times b \times d \\ &= 0,33 \times 350 \times 442 \\ &= 51566,67 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser  $\emptyset 10 \text{ mm}$  dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki} \\ &= (0,25 \times \pi \times 22^2) \times 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu ( $S_{\text{perlu}}$ )

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{s_{\text{perlu}}}} \\
 &= \frac{157 \times 240 \times 539}{51566,67} \\
 &= 322,97 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser

#### Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$S_{\text{max}} < \frac{d}{2} \quad \text{atau} \quad S_{\text{max}} < 600$$

$$150 < \frac{342}{2} \quad \text{atau} \quad 100 < 600$$

$$150 \text{ mm} < 270 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10-150mm.

#### 4.5.3.4 Perhitungan Panjang Peyaluran

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.

#### Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2 Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

[SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.1]

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2 sebagai berikut

Tabel 4. 19 Panjang Penyaluran

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau pengikat sepanjang $\lambda d$ tidak kurang dari minimum Tata Cara atau Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari $d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2.1\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.7\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.4\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.1\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Dimana :

$\lambda d$  = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = diameter tulangan lentur yang dipakai

$\Psi_t$  = faktor lokasi penulangan (1)

$\Psi_e$  = faktor pelapis (1,5)

$\lambda$  = faktor beton agregat ringan = 1 (beton normal)

Perhitungan :

$$\lambda d = \left( \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$$

$$\lambda d = \left( \frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7\lambda \sqrt{30'}} \right) 22 = 945,089$$

Syarat :  $\lambda d > 300$

$$945,089 > 300$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{pasang}}} \lambda_d$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{1042,146}{1139,82} 945,089 = 864,101$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik  
= 900

#### Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

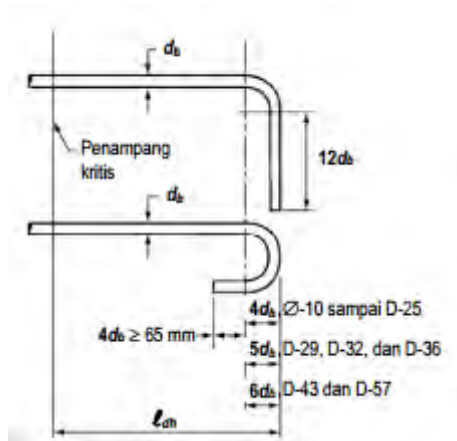
Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 12.5*

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm.

(*SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.1*)

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.2 Untuk batang tulangan ulir  $\lambda_d$  harus sebesar  $(0,24 \psi_e F_y / \lambda \sqrt{f_c'}) / db$  dengan  $\psi_e$  diambil sebesar 1,2 untuk tulangan dilapisi epoksi, dan  $\lambda$  diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya,  $\psi_e$  dan  $\lambda$  harus diambil sebesar 1,0.





Gambar 4. 34 Detail Tulangan berkait untuk penyaluran kait standar

$$\lambda_{dh} = \frac{0,24 \psi_e F_y}{\lambda \sqrt{f c'}} \text{ db}$$

$$\lambda_{dh} = \frac{0,24 \cdot 1.400}{\lambda \sqrt{30}} 22 = 385$$

Syarat :  $\lambda_{dh} > 150$

$$385 > 150$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \lambda_d$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{1042,146}{1139,82} 385 = 352,008$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik  
= 400

Panjang kait

$$12db = 12 \times 16 = 192$$

### Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tekan

Peyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.3

Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan tidak boleh kurang dari 200 mm

*(SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.1)*

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.2 panjang penyaluran diambil terbesar dari:

$$\lambda_{dc} = \frac{0,24\psi e F_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \text{ db} \qquad \lambda_{dc} = 0,043 f_y \text{ db}$$

$$\lambda_{dc} = 288,75 \qquad \lambda_{dc} = 378,4$$

Diambil 378,4mm

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{341,946}{759,88} 378,4 = 170,28$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik  
= 200 mm

$$4db + 4db = 4(16) + 4(16) = 128 \text{ mm}$$

#### 4.5.4 PENULANGAN KOLOM

Berikut ini akan dibahas perhitungan penulangan kolom berdasarkan  $P_u$  ultimate terbesar, sebagai contoh perhitungan diambil kolom struktur As B-2 pada lantai 1. Perhitungan berikut disertai dengan data perencanaan, gambar denah kolom, output SAP 2000, ketentuan perhitungan dan syarat-syarat penulangan kolom dalam metode SRPMM, sampai dengan hasil akhir gambar penampang kolom adalah sebagai berikut :

#### 4.6 PERHITUNGAN KOLOM

##### 4.6.4.1 Perhitungan Lentur Kolom

Data perencanaan kolom :

- Tipe kolom : K-1
- As kolom : B-2
- Tinggi kolom atas : 3960 mm
- Tinggi kolom bawah : 3960 mm
- Tinggi kolom Pendek : 1000 mm
- b kolom : 600 mm
- h kolom : 600 mm
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) :  $4700 \sqrt{f_c'}$
- Modulus elastisitas baja ( $E_s$ ) : 200000
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$  lentur) : 400 MPa
- Kuat leleh tulangan geser ( $f_y$  geser) : 240 MPa
- Diameter tulangan lentur ( $\emptyset$  lentur) : 22 mm
- Diameter tulangan geser ( $\emptyset$  geser) : 10 mm
- Tebal selimut beton (decking) : 50 mm

(SNI 03-2847-2013 pasal 7.7.1)

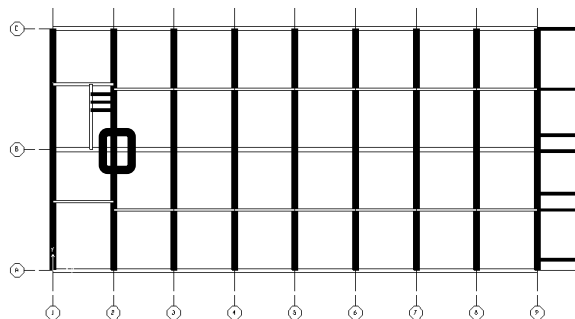
- Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) : 40 mm  
(SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.3)
- Faktor  $\beta_1$  : 0,85  
(SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1))
- Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ ) : 0,65  
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(2))
- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ ) : 0,75  
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= b - \text{decking} - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ tul lentur} \\ &= 600 - 50 - 10 - (\frac{1}{2} \cdot 22) \\ &= 529 \text{ mm} \end{aligned}$$

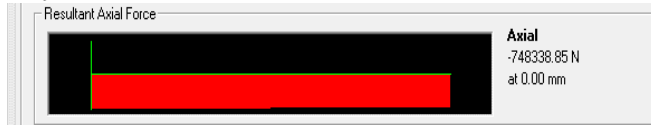
$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \phi \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \phi \text{ tul lentur} \\ &= 50 + 10 + (\frac{1}{2} \cdot 22) \\ &= 71 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= b - \text{decking} - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ tul lentur} - \frac{1}{2} b \\ &= 600 - 50 - 10 - \frac{1}{2} (22) - \frac{1}{2} (600) \\ &= 229 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 35 Kolom Yang Ditinjau

Berdasarkan hasil output SAP 2000 didapatkan :  
Gaya Aksial Kolom



$$P \text{ (DEAD)} = 748338,85 \text{ N}$$

$$PU \text{ (1,2 D)} = 898006,62 \text{ N}$$

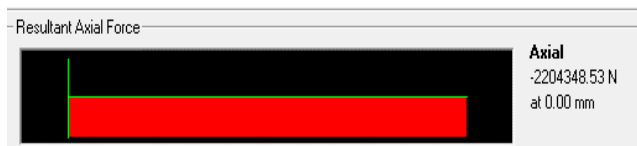


$$P \text{ (LIVE)} = 309060,79 \text{ N}$$

$$PU \text{ (1,6 L)} = 494497,264 \text{ N}$$



$$PU \text{ (1,2 D + 1,6 L)} = 2027139,93 \text{ N}$$



$$PU \text{ (1,2D + 1,6L + 1,3 Ex + 0,39 Ey)} = 2204348,53 \text{ N}$$

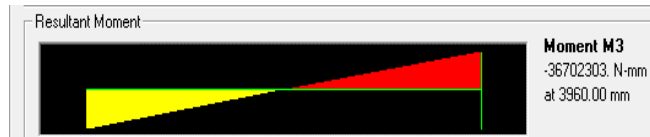


$$PU \text{ (1,2D + 1,6L + 0,39 Ex + 1,3 Ey)} = 2053255,52 \text{ N}$$

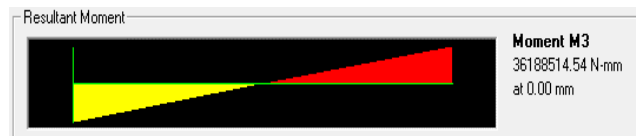
Momen akibat pengaruh beban gravitasi akibat kombinasi

1,2 DL + 1,6 LL

**Momen arah sumbu X**

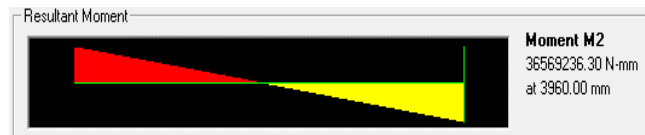


$M_{2ns} = 36702303 \text{ Nmm}$

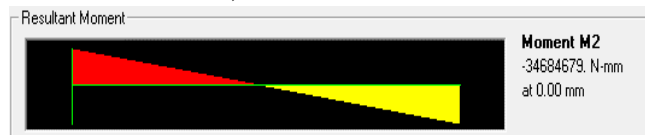


$M_{1ns} = 36188514,5 \text{ Nmm}$

**Momen arah sumbu Y**



$M_{n2S} = 36569236,3 \text{ Nmm}$



$M_{n1s} = 34684679 \text{ Nmm}$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi :

$M_{1ns}$  = adalah nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan

akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

(SNI 03-2847-2013)

$M_{2ns}$  = adalah nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

(SNI 03-2847-2013)

### Momen Akibat Pengaruh Beban Gempa

$M_{1s}$  = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm

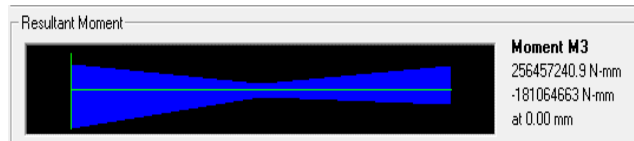
(SNI 03-2847-2013)

$M_{2s}$  = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm

(SNI 03-2847-2013)

### Momen akibat pengaruh gaya gempa

#### **Momen arah sumbu X**

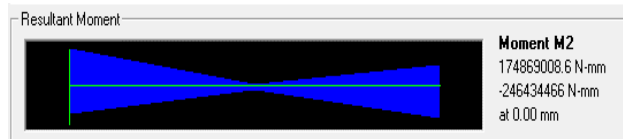


$M_{2s} = 256457241 \text{ Nmm}$

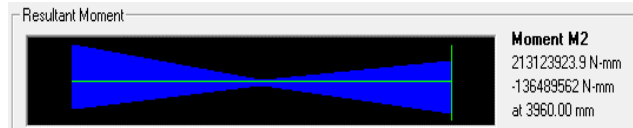


$M_{1s} = 168036138 \text{ Nmm}$

#### **Momen arah sumbu Y**



$$M2S = 246434466 \text{ Nmm}$$



$$M1s = 213123923,9 \text{ Nmm}$$

### Syarat Gaya Aksial Pada Kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 ps 21.3.2 Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh lebih dari  $Ag \cdot f_c' / 10$  dan Bila  $P_u$  lebih besar maka perhitungan harus mengikuti 21.3.5 (Ketentuan Kolom untuk SRPMM)

$$\frac{Ag \cdot f_c'}{10}$$

$$2204348,53 \text{ N} > 1080000 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol kelangsingan kolom

$\beta_d$  = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\beta_d = \frac{1,2 \times PDL}{1,2DL + 1,6LL + 1,3 E_x + 0,39 E_y}$$

$$\beta_d = \frac{898006,62 \text{ N}}{2204348,53 \text{ N}} = 0,4429$$

Panjang tekuk kolom

$$\Psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{balok}}$$



(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7)

**Untuk kolom (60/60)**

$$Elk = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} Ig &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 600 \times 600^3 \\ &= 75600000000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ec &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{30MPa} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Elk = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned} Elk &= \frac{0,4 \cdot 2572,96 \cdot 75600000000}{1 + 0,4429} \\ &= 53948127013049,50 \end{aligned}$$

**Untuk balok memanjang (45/65) BI-1**

$$Elk = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} Ig &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 450 \times 650^3 \\ &= 3604453125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ec &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{30MPa} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Elk = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned} Elk &= \frac{0,4 \cdot 2572,96 \cdot 3604453125}{1 + 0,4429} \\ &= 257214000000 \end{aligned}$$

**Untuk balok memanjang (45/65) S2**

$$Elk = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} Ig &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 450 \times 650^3 \\ &= 3604453125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ec &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{30MPa} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Elk = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned} Elk &= \frac{0,4 \cdot 2572,96 \cdot 3604453125}{1 + 0,4429} \\ &= 257214000000 \end{aligned}$$

**Untuk balok melintang (25/35) S3**

$$Elk = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} Ig &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 250 \times 350^3 \\ &= 312630208,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ec &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{30MPa} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Elk = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned} Elk &= \frac{0,4 \cdot 2572,96 \cdot 312630208,3}{1 + 0,4429} \\ &= 2230927802550,5 \end{aligned}$$

**Untuk balok melintang (25/35) S4**

$$\begin{aligned}
 El_k &= \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta d} \\
 &\quad (SNI 03-2847-2013 \text{ Pasal } 10.10.6.1) \\
 I_g &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 0,7 \times 1/12 \times 350 \times 350^3 \\
 &= 312630208,3 \\
 E_c &= 4700\sqrt{f'c'} \\
 &= 4700\sqrt{30MPa} \\
 &= 25742,96 \text{ Nmm} \\
 El_k &= \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta d} \\
 El_k &= \frac{0,4 \cdot 2572,96 \cdot 312630208,3}{1 + 0,4429} \\
 &= 2230927802550,5
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan diagram faktro panjang tekuk (k)

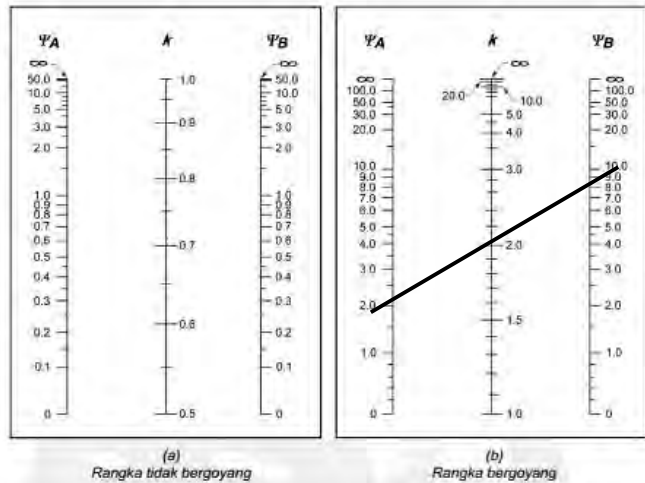
Kekakuan Kolom atas

$$\begin{aligned}
 \Psi &= \frac{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{kolom \text{ atas}}}{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{s1} + \sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{s2} + \sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{s3} + \sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{s4}} \\
 &= 2,0310853
 \end{aligned}$$

Kekakuan Kolom bawah

$$\Psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{\text{kolom atas}}}{\sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{S1} + \sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{S2} + \sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{S3} + \sum \left( \frac{EI}{L} \right)_{S4}}$$

$$= 8,04309$$



Gambar 4. 36 Faktor Panjang Efektif

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7

Dari grafik aligment didapatkan  $K = 2,05$

Menghitung radius girasi (  $r$  )

Menurut SNI 2847-2013 psl 10.10.1.2 radius girasi boleh diambil sebesar 0,3 dari dimensi

$$r = 0,3 h$$

$$r = 0,3 \times 600$$

$$= 180 \text{ mm}$$

Kontrol Kelangsingan

Nilai  $\frac{k.Lu}{r} \leq 22$  ; pengaruh kelangsingan diabaikan  
(termasuk kolom pendek)

Nilai  $\frac{k.Lu}{r} \geq 22$  ; pengaruh kelangsingan diabaikan  
(termasuk kolom panjang)

$$\frac{2,05 \cdot 3960 \text{ mm}}{180 \text{ mm}} \leq 22$$

$45,1 \geq 22$  maka kolom termasuk kolom langsing  
(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10)

#### Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah X

Berdasarkan output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya-gaya dalam arah X pada kolom sebagai berikut :

Akibat kombinasi gempa (1,2D+1L+1Ex + 0,3Ey)

M1s = 168036138 Nmm

M2s = 256457241 Nmm

Akibat kombinasi 1,2D + 1,6L :

M1ns = 36188515 Nmm

M2ns = 36702303 Nmm

Menghitung Nilai Pc (P kritis) Pada Kolom

$$P_c = \frac{\pi E I}{(k \cdot Lu^2)}$$

$$P_c = \frac{\pi \cdot 53948127013049,50}{(2,05 \cdot 3960^2)}$$

$$= 5269407,5 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \sum P_c &= n \times P_c \\ &= 120 \times 5269407,5 \text{ N} \\ &= 632328902 \text{ N} \end{aligned}$$

Pu = 2204348,5 N

$$\sum P_u = n \times P_u$$

$$\begin{aligned}
 &= 120 \times 2204348,5 \text{ N} \\
 &= 264521824 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menghitung Faktor Pembesaran Momen ( $\delta_s$ )

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{264521824 \text{ N}}{0,75 \cdot 632328902 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 2,2612 \geq 1$$

Maka dipakai  $\delta_s = 2,2612$  dalam perhitungan perbesaran momen.

(SNI 2013-10.10.7.4)

Pembesaran momen :

$$\begin{aligned}
 M1 &= M1_{ns} + \delta_s M1_s \\
 &= 36188515 \text{ Nmm} + (2,2612 \times 168036138 \text{ Nmm}) \\
 &= 416165322 \text{ Nmm} \\
 M2 &= M2_{ns} + \delta_s M2_s \\
 &= 36702303 \text{ Nmm} + (2,2612 \times 256457241 \text{ Nmm}) \\
 &= 616624008 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Diambil momen terbesar yaitu

$$M2 = 616624008 \text{ Nmm}$$

#### Menentukan pperlu dari diagram interaksi

Dalam menentukan nilai pperlu untuk kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi pada buku Tabel Grafik dan Diagram Interaksi untuk Perhitungan Struktur Beton berdasarkan SNI 1992. Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah :

$$\begin{aligned}
 \mu h &= h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{ geser}) - \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 600 \text{ mm} - (2 \times 50 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - 22 \text{ mm} \\
 &= 458 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

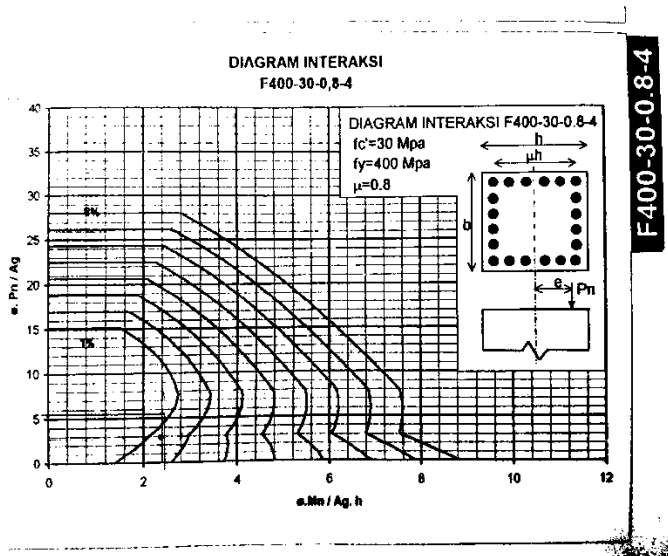
$$\mu = \frac{\mu h}{h \text{ kolom}} = \frac{58 \text{ mm}}{600} = 0,78$$

Sumbu Vertikal

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{P_u}{b \cdot h} = 6,12319 \text{ N/mm}^2$$

Sumbu Horizontal

$$\frac{\phi M_n}{A_g} = \frac{M_u}{b \cdot h^2} = 2,8547 \text{ N/mm}^2$$



*Gambar 4. 37 Diagram Interaksi*

Menghitung penulangan kolom

Luas tulangan lentur perlu

$$A_s \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \times b \times h$$

$$= 0,01 \times 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$

$$= 3600 \text{ mm}$$

Luas tulangan lentur

$$\text{Luas tulangan D22} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur pasang:

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{\text{luas tulangan D22}}$$

$$n = \frac{3600}{379,94 \text{ mm}^2} = 9,47 \approx 12$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$\text{Aspasang} = n \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right)$$

$$= 12 \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \right)$$

$$= 4559,28 \text{ mm}^2$$

Maka direncanakan penulangan kolom untuk peninjauan momen arah X menggunakan tulangan sebesar 12D22 .

$$\% \text{ Tulangan Terpasang} = \frac{As \text{ pasang}}{b \cdot h} \times 100\%$$

$$= \frac{4559,28 \text{ mm}^2}{600 \cdot 600} \times 100\%$$

$$= 1,27\% < 8\%$$

Mencari e perlu dan e min

$$Mn = \frac{M}{\phi} = \frac{616624008 \text{ Nmm}}{0,65} = 948652320$$

$$Pn = \frac{P}{\phi} = \frac{2204348,5}{0,65} = 3391305,4$$

$$e \text{ perlu} = \frac{Mn}{Pn} = \frac{948652320}{3391305,4} = 279,73$$

$$e \text{ min} = (15,24 + 0,03h)$$

$$= (15,24 + 0,03 \cdot 600 \text{ mm})$$

$$= 33,24$$

Cek kondisi balance:



$$\begin{aligned}
 d &= 600 - 50 - 10 - \frac{1}{2} 22 = 529 \text{ mm} \\
 d' &= 40 + 10 + \frac{1}{2} 22 = 71 \text{ mm} \\
 d'' &= 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 19 - \frac{1}{2} 600 = 229 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_b &= \frac{600}{(600 + F_y)} d \\
 &= \frac{600}{(600 + 400)} 529 \\
 &= 317,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_b &= 0,85 \cdot x_b \\
 &= 269,79 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 4559,28 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}) \\
 &= 1707450,36 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \cdot f_y \\
 &= 4559,28 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 1823712 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 600 \times 317,4 \\
 &= 4127787 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum V = 0 &\rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T \\
 &= 4127787 \text{ N} + 1707450,36 \text{ N} - 1823712 \text{ N} \\
 &= 4011525,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= P_b \times e_b \\
 &= C_c(d - d'' - a_b/2) + C_s'(d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= 4127787 \text{ N} (529 - 229 - 269,79/2) + 1707450,36 \\
 &\quad \text{N} (529 - 229 - 71) + 1823712 \text{ N} \cdot 229 \\
 &= 1490154453 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b / P_b \\
 &= 1490154453 \text{ Nmm} / 4011525,4 \text{ N} \\
 &= 371,46 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kondisi :

$e_{min} < e_{perlu} < e_{balanced}$  (Kondisi Tekan Menentukan)

$e_{min} < e_{perlu} > e_{balanced}$  (Kondisi Tarik Menentukan)

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$33,24 \text{ mm} < 279,73 \text{ mm} < 371,46 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

### Kontrol kondisi tekan menentukan

$$\text{Syarat : } e < e_b$$

$$279,73 \text{ mm} < 371,46 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Mencari nilai x

$$a = 0,54 d$$

$$0,85 \cdot x = 0,54 \times 529 \text{ mm}$$

$$x = 336,07 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat : } \varepsilon_s < \varepsilon_y \rightarrow (f_s < f_y)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_s &= \left( \frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003 \\ &= \left( \frac{529}{336,07} - 1 \right) \cdot 0,003 \\ &= 0,00172 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s &= \left( \frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 600 \\ &= \left( \frac{529}{336,07} - 1 \right) \cdot 600 \\ &= 344,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_y &= f_y / E_s \\ &= 400 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{array}{ll} \varepsilon_s & < \varepsilon_y \\ 0,00172 & < 0,002 \text{ ... (ok)} \\ f_s & < f_y \\ 344,44 \text{ Mpa} & < 400 \text{ Mpa ... (ok)} \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 4559,28 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}) \\
 &= 1707450,36 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \cdot \left( \frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 600 \\
 &= 4559,28 \text{ mm}^2 \cdot \left( \frac{529}{336,07} - 1 \right) \cdot 600 \\
 &= 1570418,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 600 \times 336,07 \\
 &= 4370598 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum V = 0 &\rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T \\
 &= 4370598 \text{ N} + 1707450,36 \text{ N} - 1570418,7 \text{ N} \\
 &= 4507629,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 P &> P_b \\
 4507629,7 \text{ N} &> 4011525,4 \text{ N (ok)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= P_b \times e_b \\
 &= C_c(d - d'' - a_b/2) + C_s'(d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= 4370598 \text{ N} (529 - 229 - 269,79/2) + 1707450,36 \\
 &\quad \text{N} (529 - 229 - 71) + 1570418,7 \cdot 229 \\
 &= 1495563068 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek syarat :

$$\begin{aligned}
 M_{\text{terpasang}} &> M_n \\
 1471299282 \text{ Nmm} &> 948652320 \text{ Nmm (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

#### Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah Y

Berdasarkan output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya-gaya dalam arah X pada kolom sebagai berikut :

Akibat kombinasi gempa ( $1,2D + 1L + 1E_x + 0,3E_y$ )

$$M1s = 246434466 \text{ Nmm}$$

$$M2s = 213123923,9 \text{ Nmm}$$

Akibat kombinasi 1,2D + 1,6L :

$$M1ns = 34684679 \text{ Nmm}$$

$$M2ns = 36569236,3 \text{ Nmm}$$

Menghitung Nilai  $P_c$  (P kritis) Pada Kolom

$$P_c = \frac{\pi EI}{(k \cdot Lu^2)}$$

$$P_c = \frac{\pi \cdot 53948127013049,50}{(2,05 \cdot 3960^2)}$$

$$= 5269407,5 \text{ N}$$

$$\sum P_c = n \times P_c$$

$$= 120 \times 5269407,5 \text{ N}$$

$$= 632328902 \text{ N}$$

$$P_u = 2204348.53$$

$$\sum P_u = n \times P_u$$

$$= 120 \times 2204348.53$$

$$= 264521824$$

Menghitung Faktor Pembesaran Momen ( $\delta_s$ )

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{264521824}{0,75 \cdot 632328902 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 2,2261 \geq 1$$

Maka dipakai  $\delta_s = 2,261$  dalam perhitungan perbesaran momen.

(SNI 2013-10.10.7.4)

Pembesaran momen :

$$M1 = M1ns + \delta_s M1s$$

$$= 34684679 \text{ Nmm} + (2,261 \times 246434466 \text{ Nmm})$$

$$= 591942080 \text{ Nmm}$$

$$M2 = M2ns + \delta_s M2s$$

$$\begin{aligned}
 &= 36569236,3 \text{ Nmm} + (2,261 \times 213123923,9 \text{ Nmm}) \\
 &= 518502165 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Diambil momen terbesar yaitu

$$M1 = 591942080 \text{ Nmm}$$

#### Menentukan pperlu dari diagram interaksi

Dalam menentukan nilai pperlu untuk kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi pada buku Tabel Grafik dan Diagram Interaksi untuk Perhitungan Struktur Beton berdasarkan SNI 1992. Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah :

$$\begin{aligned}
 \mu h &= h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{ geser}) - \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 600 \text{ mm} - (2 \times 50 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - 22 \text{ mm} \\
 &= 458 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

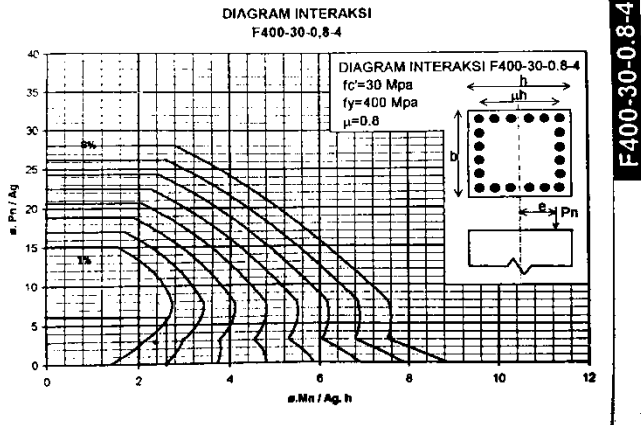
$$\mu = \frac{\mu h}{h \text{ kolom}} = \frac{458}{600} = 0,763$$

Sumbu Vertikal

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{P_u}{b \cdot h} = 6,12$$

Sumbu Horizontal

$$\frac{\phi M_n}{A_g} = \frac{M_u}{b \cdot h^2} = 2,74$$



*Gambar 4. 38 Diagram Interaksi*

Menghitung penulangan kolom

Luas tulangan lentur perlu

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\ &= 0,01 \times 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \\ &= 3600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan D22} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang:

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{luas tulangan D22}}$$

$$n = \frac{3600}{379,94} = 9,47 \approx 12$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$\text{Aspasang} = n \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right)$$

$$= 12 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2)$$

$$= 4559,28 \text{ mm}^2$$

Maka direncanakan penulangan kolom untuk peninjauan momen arah X menggunakan tulangan sebesar 12D22 .

$$\% \text{ Tulangan Terpasang} = \frac{As \text{ pasang}}{b \cdot h} \times 100\%$$

$$= \frac{4559,28 \text{ mm}^2}{600 \cdot 600} \times 100\%$$

$$= 1,27\% < 8\%$$

Mencari e perlu dan e min

$$Mn = \frac{Mn}{0,65} = 1035201163$$

$$Pn = \frac{Pn}{0,65} = 3733307,6292$$

$$e \text{ perlu} = \frac{Mn}{Pn} = \frac{1035201163}{3733307,6292} = 277,362 \text{ mm}$$

$$e \text{ min} = (15,24 + 0,03h)$$

$$= (15,24 + 0,03 \cdot 600 \text{ mm})$$

$$= 33,24$$

Cek kondisi balance:

$$d = 600 - 50 - 10 - \frac{1}{2} 22 = 529 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + \frac{1}{2} 22 = 71 \text{ mm}$$

$$d'' = 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 19 - \frac{1}{2} 600 = 229 \text{ mm}$$

$$xb = \frac{600}{(600 + F_y)} d$$

$$= \frac{600}{(600 + 400)} 529$$

$$= 317,4$$

$$ab = 0,85 \cdot xb$$

$$= 269,79 \text{ mm}$$

$$Cs' = As' (fy - 0,85 \cdot fc')$$

$$= 4559,28 \text{ mm}^2 (400\text{MPa} - 0,85 \cdot 30\text{MPa})$$

$$= 1707450,36 \text{ N}$$

$$T = As \cdot fy$$

$$\begin{aligned}
&= 4559,28 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\
&= 1823712 \text{ N} \\
Cc' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
&= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 600 \times 317,4 \\
&= 4127787 \text{ N} \\
\sum V=0 &\rightarrow Pb = Cc' + Cs' - T \\
&= 4127787 \text{ N} + 1707450,36 \text{ N} - 1823712 \text{ N} \\
&= 4011525 \text{ N} \\
Mb &= Pb \times eb \\
&= Cc(d - d'' - ab/2) + Cs'(d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
&= 4127787 \text{ N}(529 - 229 - 269,79 \text{ mm}/2) + 1707450,36 \\
&\quad \text{N}(529 - 229 - 71) + 1823712 \text{ N} \cdot 239 \\
&= 1490154453 \text{ Nmm} \\
eb &= Mb/Pb \\
&= 1490154453 \text{ Nmm} / 4011525 \text{ N} \\
&= 371,46 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Kontrol Kondisi :

$e_{min} < e_{perlu} < e_{balanced}$  (Kondisi Tekan Menentukan)

$e_{min} < e_{perlu} > e_{balanced}$  (Kondisi Tarik Menentukan)

$e_{min} < e_{perlu} < eb$

$33,24 \text{ mm} < 277,362 \text{ mm} < 371,46 \text{ mm}$

Maka kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

#### Kontrol kondisi tekan menentukan

Syarat :  $e < eb$

$277,362 \text{ mm} < 371,46 \text{ mm}$  (memenuhi)

Mencari nilai  $x$

$a = 0,54 d$

$0,85 \cdot x = 0,54 \times 539 \text{ mm}$



$$x = 342,42 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat : } \varepsilon_s < \varepsilon_y \rightarrow (f_s < f_y)$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &= \left(\frac{d}{x} - 1\right) \cdot 0,003 \\ &= \left(\frac{529}{342,42} - 1\right) \cdot 0,003 \\ &= 0,00172\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_s &= \left(\frac{d}{x} - 1\right) \cdot 600 \\ &= \left(\frac{529}{342,42} - 1\right) \cdot 600 \\ &= 344,4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_y &= f_y / E_s \\ &= 400 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa} \\ &= 0,002\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{array}{ll}\varepsilon_s & < \varepsilon_y \\ 0,00172 & < 0,002 \dots (\text{ok}) \\ F_s & < F_y \\ 344,4 \text{ Mpa} & < 400 \text{ Mpa} \dots (\text{ok})\end{array}$$

$$\begin{aligned}C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}) \\ &= 1707450,36 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T &= A_s \cdot \left(\frac{d}{x} - 1\right) \cdot 600 \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 \cdot \left(\frac{529}{342,42} - 1\right) \cdot 600 \\ &= 1570418,667 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 600 \times 342,42 \\ &= 4370589 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma V = 0 &\rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T \\ &= 4370589 \text{ N} + 1707450,36 \text{ N} - 1570418,667 \text{ N}\end{aligned}$$

$$= 4507629,639 \text{ N}$$

Syarat :

$$P > P_b$$

$$4507629,639 \text{ N} > 4011525 \text{ N (ok)}$$

$$M_b = P_b \times e_b$$

$$= C_c(d - d'' - ab/2) + C_s'(d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$= 4370589 \text{ N}(529 - 229 - 269,79/2) + 1570418,667$$

$$\text{N}(529 - 229 - 61) + 1570418,667 \text{ N} \cdot 229$$

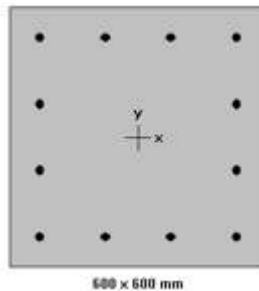
$$= 1495563068 \text{ Nmm}$$

Cek syarat :

$$M_{\text{interpasang}} > M_n$$

$$1495563068 \text{ Nmm} > 1035201163 \text{ Nmm (memenuhi)}$$

Sehingga kolom dipasang berdasarkan penulangan lentur terbesar, yaitu pada sumbu X maka dipasang sebesar 12D22 dengan model pemasangan tulangan sebagai berikut:



Gambar 4. 39 Penampang Kolom

Kontrol jarak spasi tulangan satu sisi :

Syarat :

$S_{max} \geq S_{sejajar} \rightarrow$  susun 1 lapis

$S_{max} \leq S_{sejajar} \rightarrow$  perbesar penampang kolom

$$S_{max} = [b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times \emptyset_{geser}) - (n \times \emptyset_{lentur}) / (n - 1)]$$

$$S_{max} = [600 - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (4 \times 22)] / (4 - 1)$$

$$S_{max} = 97 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

(maka tulangan lentur disusun 1 lapis)

#### Cek dengan program pcaColumn

Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis pcaColumn, sehingga diperoleh grafik momen sebagai

berikut :

Mutu beton ( $f_c'$ ) = 30 N/mm<sup>2</sup>

Mutu baja tulangan ( $f_y$ ) = 400 N/mm<sup>2</sup>

Modulus elastisitas = 25742, 96 N/mm<sup>2</sup>

$\beta_1$  = 0,85

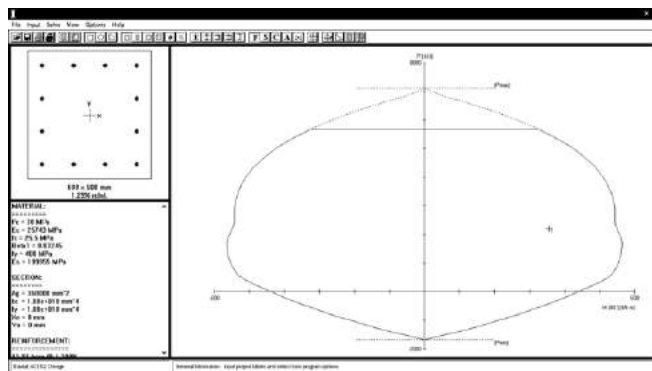
b kolom = 600 mm

h kolom = 600 mm

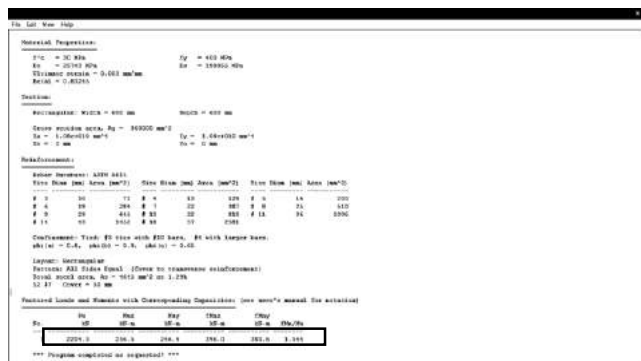
Mux (M3 terbesar kombinasi SAP) = 256457241 Nmm

Muy (M2 terbesar kombinasi SAP) = 246434466 Nmm

Tulangan Kolom Pasang = 12 D 22



Gambar 4. 40 Grafik Akibat Momen Pada PCACOL



Gambar 4. 41 Hasil Output Pada PcaColumn

Bersasarkan Output dari pcaColumn

$$M_{ux} = 256,5 \text{ kNm} < M_{nx} = 396 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 245,4 \text{ kNm} < M_{ny} = 381 \text{ kNm}$$

Maka perencanaan dipasang tulangan kolom sebanyak 12D22

Presentase tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}\text{Aspasang} &= 12 \times (1/4 \times \pi \times d^2) \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}\% \text{tulangan} &= \frac{\text{luas tulangan terpasang}}{\text{luas bruto penampang kolom}} \times 100\% \\ &= \frac{4559,28 \text{ mm}^2}{600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 1,27 \% < 8 \% \text{ (ok)}\end{aligned}$$

Kesimpulan :

Jika kapasitas momen yang dihasilkan oleh analisis program PCACOL lebih besar daripada momen ultimate perhitungan manual (Mu manual) oleh penampang kolom dan tulangannya, maka perhitungan kebutuhan tulangan kolom memenuhi dalam artian kolom tidak mengalami keruntuhan.

#### 4.6.4.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom Data Perencanaan

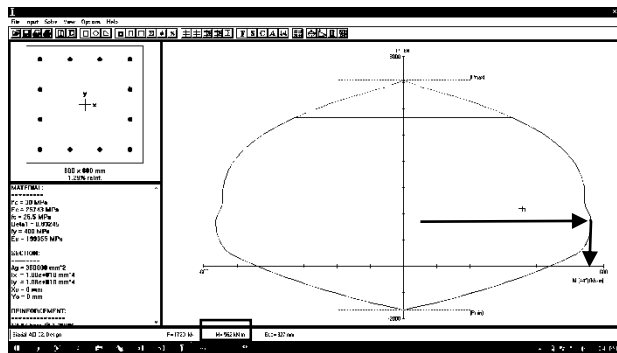
- h kolom : 600 mm
- b kolom : 600 mm
- Tebal selimut beton : 40 mm
- Tinggi kolom : 4200 mm
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur( $f_y$ ) : 400 MPa
- Kuat leleh tulangan geser( $f_{yv}$ ) : 240 MPa
- Diameter Tulangan lentur : D22
- Diameter Tulangan geser : D10
- Faktor Reduksi : 0,75

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.3.2.(3))

Berdasarkan hasil out put progam SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya pada kolom K1-1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_u &= (1,2D + 1,6L) \\ &= 2204348,53 \text{ N} \end{aligned}$$

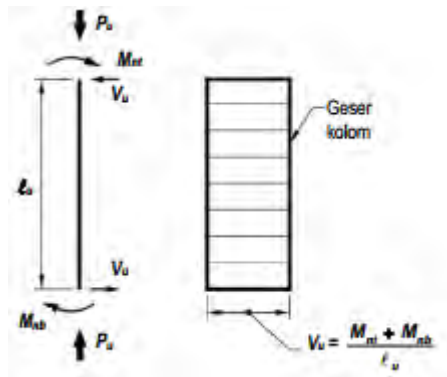
Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM diambil dari hasil pcacol sebagai berikut :



Gambar 4. 42 Gaya Lintang Rencan untuk SRPMM

$$M_{nt} = 56200000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = 56200000 \text{ Nmm}$$



Gambar 4. 43 Lintang Rencana untuk SRPMM

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5)

Dimana :

$M_{nt}$  = Momen nominal atas (top) kolom

$M_{nb}$  = Momen nominal bawah (bottom) kolom

$M_{nt} = M_{ut} / \phi$

$$= 56200000 / 0,75$$

$$= 74933333,3 \text{ Nmm}$$

$M_{nb} = M_{ub} / \phi$

$$= 56200000 / 0,75$$

$$= 74933333,3 \text{ Nmm}$$

$V_u = M_{nt} + M_{nb} / l_u$

$V_u = M_{nt} + M_{nb} / l_u$

$$= 1498666667/3960$$

$$= 378451,1785 \text{ N}$$

Syarat Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa  
(SNI 03-2847-2013)

$$\sqrt{f_c'} \leq 25/3$$

$$\sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \leq 25/3 \text{ N/mm}^2$$

$$5,477 \text{ N/mm}^2 \leq 8,33 \text{ N/mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kekuatan geser pada beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left[ 1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right] \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \left[ 1 + \frac{2204348,53}{14 \times 600 \times 600} \right] \times 1 \times \sqrt{30} \times 600 \times 539 \\ &= 37851,1785 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_{smin} &= 0,33 \times b \times d \\ &= 0,33 \times 600 \times 529 \\ &= 104742 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{smax} &= 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 600 \times 529 \\ &= 94267800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$2V_{smax} = 0,66 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$



$$= 0,66 \times \sqrt{30} \times 600 \times 529$$

$$= 188535600 \text{ N}$$

Cek kondisi penulangan geser :

Kondisi 1 :

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow (\text{Tidak Perlu Tulangan Geser})$$

$$37851,1785 \text{ N} \geq 159300,28 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 2 :

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow (\text{Tulangan Geser Minimum})$$

$$159300,28 \text{ N} \leq 37851,1785 \text{ N} \geq 318600,56 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Kondisi 3 :

$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{smin}) \rightarrow (\text{Perlu Geser Minimum})$$

$$318600,56 \text{ N} \leq 379047,62 \text{ N} \leq 397157,06 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

Kondisi 4 :

$$\emptyset (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{smax}) \rightarrow (\text{Tulangan Geser})$$

Kondisi 5 :

$$\emptyset (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_{smax}) \rightarrow (\text{Tulangan Geser})$$

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan Kondisi 2.

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned}
 V_{smin} &= 0,33 \times b \times d \\
 &= 0,33 \times 600 \times 529 \\
 &= 104742 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v &= 0,25 \cdot \pi \cdot D \cdot 2 \cdot n_{kaki} \\
 &= 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 2 \\
 &= 157 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned}
 \text{Sperlu} &= \frac{A_v \cdot F_{yv} \cdot d}{V_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{157 \cdot 240 \cdot 539}{104742 \text{ N}} \\
 &= 190,303 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 2

$$S_{max} \leq d/2$$

$$190,303 \text{ mm} \leq 529 \text{ mm}/2$$

$$190,303 \text{ mm} \leq 264,5 \text{ mm} \text{ (**memenuhi**)}$$

$$S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

$$190,303 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \text{ (**memenuhi**)}$$

Sehingga dicoba pakai tulangan geser Ø10 – 150 mm

Cek Persyaratan SPRMM Untuk Kekuatan Geser Kolom

1. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5.2, Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang Lo dari muka hubungan balok-kolom So. Spasi So tersebut tidak boleh melebihi :

a. Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,

$$S_o \leq 8 \times \phi_{\text{lentur}}$$

$$150 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm (Memenuhi)}$$

b. 24 kali diameter sengkang ikat,

$$S_o \leq 24 \times \phi_{\text{sengkang}}$$

$$150 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm (Memenuhi)}$$

c. Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur,

$$S_o \leq 1/2 \times b_w$$

$$150 \text{ mm} \leq 1/2 \times 600 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm (Memenuhi)}$$

d.  $S_o \leq 300 \text{ mm}$

$$150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm (memenuhi)}$$

Kontrol syarat penulangan geser tidak memenuhi, Maka Spakai menggunakan jarak minimum kontrol yaitu 150 mm. Maka, dipakai So sebesar Ø10 – 150 mm.

Panjang Lo tidak boleh kurang dari pada nilai terbesar berikut ini :

- a. Seperenam tinggi bersih kolom,

$$Lo = 1/6 \times (3960 - 600)$$

$$Lo = 1/6 \times 3360 \\ = 560 \text{ mm}$$

- b. Dimensi terbesar penampang kolom

$$Lo = 600 \text{ mm}$$

- c.  $Lo > 450 \text{ mm}$

*Maka dipakai Lo sebesar 750 mm*

Sehingga dipasang sengkang sebesar Ø10 – 150 mm sejarak 750 mm dari muka hubungan balok kolom.

2. Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada  $0,5 \times So = 0,5 \times 150 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$  dari muka hubungan balok kolom.
3. Spasi sengkang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi  $2 \times So = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$ .

Maka pada daerah setelah sejarak  $Lo = 750 \text{ mm}$  dari muka hubungan balok kolom tetap dipasang sengkang sebesar Ø10 – 150 mm.

- 4.6.4.3 Perhitungan Sambungan Lewatan Tunggal Vertikal Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.16.1, panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah  $0,071 \times fy \times db$ , untuk  $fy = 420 \text{ Mpa}$  atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

$$0,071 \times fy \times db \geq 300 \text{ mm.}$$

$$0,071 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times 22 \geq 300 \text{ mm}$$

$$624,8 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

Maka panjang sambungan lewatan kolom sebesar 700 mm

- 4.6.4.4 Perhitungan Panjang Peyaluran Tulangan Kolom  
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.3, panjang penyaluran untuk tulangan D22 harus diambil sebesar :

$$\frac{Ld}{db} = \frac{fy}{1,1\lambda\sqrt{fc'}} = \frac{\Psi_t\Psi_o\Psi_s}{\left(\frac{c + ktr}{db}\right)}$$

$$\frac{Ld}{db} = \frac{499}{1,11\sqrt{fc'}} = \frac{1 \times 1 \times 1}{\left(\frac{50 + 0}{22}\right)}$$

$$ld = 415,6 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

$$Fs = 60\% \times fy$$

$$= 240 \text{ MPa}$$

$$Fs > fy \rightarrow ld \text{ pakai} = 1,3 \times 500 \text{ mm}$$

$$= 650 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}$$

## 4.7 PERHITUNGAN PONDASI

### 4.7.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah

#### 1. Data Perencanaan

$$\text{Diameter} : 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Luas (Ap)} : \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$: \frac{1}{4} \pi 0,3^2$$

$$: 0,13 \text{ m}^2$$

Luas selimut tiang (As)	: $\pi d L$
	: $3,14 \times 0,3 \times 12$
	: $15,08 \text{ m}^2$
Safety Factor	: 3 (beban tetap)
Tebal Selimut Beton	: 75 mm

## 2. Perhitungann Daya Dukung Ijin Tanah

Tanah Berpasir :

$$Qu = 40. N. Ap + \sum fi. li P$$

Dimana :

Qu = Daya dukung ultimate tiang (ton)

N = nilai N-SPT tanah diatas (8D) dan dibawah (4D) ujung tiang

$$fi = k_{0-1} \cdot \sigma_{v-1} \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \phi i\right)$$

$k_{0-1}$  = koefisien tekanan lateral tanah =  $1 - \sin \phi$

$\sigma_{v-1}$  = tekanan vertikal efektif pada tengatengah lapisan-i

$\phi i$  = sudut geser dalam pada lapisan-i

Li = panjang tiang yang tertanam pada lapisan ke-i

p = Keliling tiang (m)

Tanah kohesif:

$$Qu = 9. Cu . Ap + \sum \alpha C_{u-1} li. P$$

Dimana:

Qu = Daya dukung ultimate tiang (ton)

$\alpha$  = faktor adhesi

$C_{u-1}$  = kohesi tanah undrained pada lapisan ke-i

li = panjang tiang pada lapisan ke-i

p = Keliling tiang (m)

- Luas Permukaan ujung tiang  

$$A_p = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 0,3^2$$

$$= 0,0706 \text{ m}^2$$
- Keliling tiang  

$$k = \pi \times D$$

$$= \pi \times 0,3 \text{ m}$$

$$= 0,942 \text{ m}$$
- Luas selimut tiang  

$$A_s = \pi d L$$

$$= \pi \times 0,3 \text{ m} \times 12 \text{ m}$$

$$= 11,304$$

Diketahui output SAP 2000 pada

- Akibat Beban Tetap Max (1,0DL + 1,0LL)  
 $P = 141,513 \text{ Tm}$
- Akibat Beban Sementara x (1,0DL + 1,0LL + 1Ex)  
 $P = 147,554$
- Akibat Beban Tsementara Y (1,0DL + 1,0LL + 1Ey)  
 $P = 148,024$

#### a. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut buku karangan Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck dalam bukunya Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 2 menyebutkan bahwa :

Direncanakan 1 poer 2 borpile, maka :

Perhitungan jarak antar tiang (S)

$$3D \geq S \geq 2,5 D$$

$$3 \times 30 \text{ cm} \geq S \geq 2,5 \times 30 \text{ cm}$$

$$90 \text{ cm} \geq S \geq 75 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S = 90 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer ( $S'$ )

$$2 D \geq S' \geq 1,5 D$$

$$2 \times 30 \text{ cm} \geq S' \geq 1,5 \times 30 \text{ cm}$$

$$60 \geq S' \geq 45 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $S' = 60 \text{ cm}$

Dapat disimpulkan ukuran panjang dan lebar poer, yaitu:

Panjang = 1,2m lebar 2,1 m

- b. Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok  
Dari output SAP 2000 ditinjau join 764 dan didapatkan  
gayagaya dalam sebagai berikut :

**Akibat beban tetap (1DL + 1LL)**

$$P = 141,513 \text{ Ton}$$

$$M_y = 0,00007 \text{ Ton-m}$$

$$M_x = -0,4218 \text{ Ton-m}$$

**Akibat beban sementara (1DD + 1LL + 1Ex)**

$$P = 147,554 \text{ Ton}$$

$$M_y = -15,687 \text{ Ton-m}$$

$$M_x = 0,117 \text{ Ton-m}$$

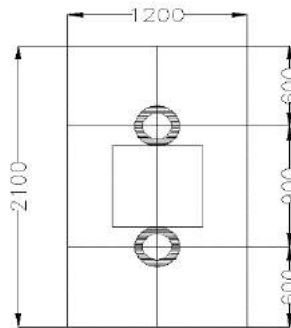
**Akibat beban sementara (1DD + 1LL + 1Ey)**



$$\begin{aligned}
 P &= 148,024 \text{ Ton} \\
 M_y &= -0,05667 \text{ Ton-m} \\
 M_x &= 12,252 \text{ Ton-m}
 \end{aligned}$$

1. **Akibat beban tetap (1DL + 1LL)**

$$\begin{aligned}
 P &= 141,513 \text{ Ton} \\
 M_y &= 0,00007 \text{ Ton-m} \\
 M_x &= -0,4218 \text{ Ton-m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 44 Penampang Borpile

Tabel 4. 20 Perhitungan Jarak X dan Y

No	x	$x^2$	y	$y^2$
1	0	0	0,45	0,2025
2	0	0	0,45	0,2025
	$\Sigma X^2$	0	$\Sigma x^Y2$	0,405

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y \cdot X}{\Sigma x^2}$$

$$P = \frac{141,513}{2} + \frac{0,00007 \cdot 0,45}{0,405} \pm \frac{-0,4218 \cdot 0}{0} = 70,3T$$

$$P = \frac{141,513}{2} - \frac{0,00007 \cdot 0,45}{0,405} \pm \frac{-0,4218 \cdot 0}{0} = 71,2T$$

Maka beban maks yg diterima satu tiang pancang adalah

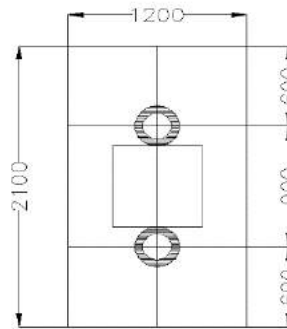
$$P_{max} = 71,2T$$

## 2. Akibat beban sementara (1DD + 1LL + 1Ex)

$$P = 147,554 \text{ Ton}$$

$$M_y = -15,687 \text{ Ton-m}$$

$$M_x = 0,117 \text{ Ton-m}$$



Gambar 4. 45 Penampang Borpile

Tabel 4. 21 Perrhitungan Jarak X dan Y

No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>
1	0	0	0,45	0,2025

2	0	0	0,45	0,2025
	$\Sigma X^2$	0	$\Sigma x^{Y2}$	0,405

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx.Y}{\Sigma y^2} \pm \frac{My.X}{\Sigma x^2}$$

$$P = \frac{147,554}{2} + \frac{0,117 \cdot 0,45}{0,405} \pm \frac{-15,68 \cdot 0}{0} = 56,347$$

$$P = \frac{147,554}{2} - \frac{0,117 \cdot 0,45}{0,405} \pm \frac{-15,68 \cdot 0}{0} = 73,65T$$

Maka beban maks yg diterima satu tiang pancang adalah

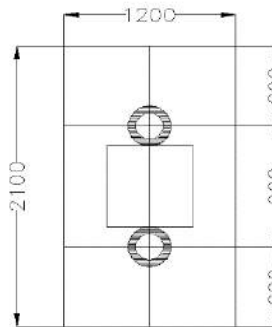
$$P_{max} = 73,65T$$

3. **Akibat beban sementara (1DD + 1LL + 1Ey)**

$$P = 148,024 \text{ Ton}$$

$$My = -0,05667 \text{ Ton-m}$$

$$Mx = 12,252 \text{ Ton-m}$$



Gambar 4. 46 Penampang Borpile

Tabel 4. 22 Perhitungan Jarak X dan Y

No	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>
1	0	0	0,45	0,2025
2	0	0	0,45	0,2025
	$\Sigma X^2$	0	$\Sigma x^{Y2}$	0,405

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx.Y}{\Sigma y^2} \pm \frac{My.X}{\Sigma x^2}$$

$$P = \frac{148,024}{2} + \frac{12,252 \cdot 0,45}{0,405} \pm \frac{-0,057 \cdot 0}{0} = 87,62T$$

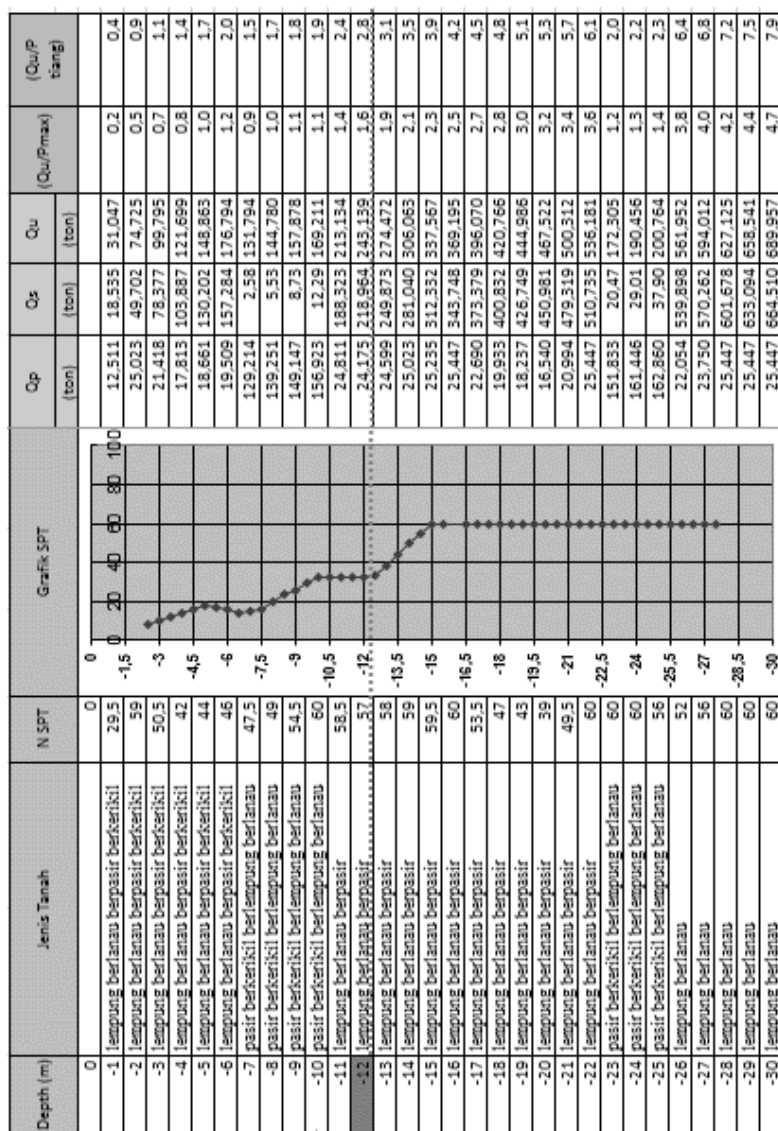
$$P = \frac{148,024}{2} + \frac{12,252 \cdot 0,45}{0,405} \pm \frac{-0,057 \cdot 0}{0} = 60,4T$$

Maka beban maks yg diterima satu tiang pancang adalah

$$P_{max} = 87,62T$$

Depth (m)	Jenis Tanah	N SPT	Gratik SPT	Kode Tanah	N rata2 per kedalaman	P max (T)	P tiang	Cu	$\alpha$	N	$\phi$
0		0									
-1	lempung berlanau berpasir berkerikil	29.5		c	29.5	148.02	87.623	19.667	1.000		38
-2	lempung berlanau berpasir berkerikil	59		c	44.25	148.02	87.623	39.333	0.841		44
-3	lempung berlanau berpasir berkerikil	50.5		c	46.333	148.02	87.623	33.667	0.904		44
-4	lempung berlanau berpasir berkerikil	42		c	45.25	148.02	87.623	28.000	0.967		41
-5	lempung berlanau berpasir berkerikil	44		c	45	148.02	87.623	29.333	0.952		41
-6	lempung berlanau berpasir berkerikil	46		c	45.167	148.02	87.623	30.667	0.937		41
-7	pasir berkerikil berlempung berlanau	47.5			45.5	148.02	87.623			45.700	41
-8	pasir berkerikil berlempung berlanau	49			45.938	148.02	87.623			49.250	41
-9	pasir berkerikil berlempung berlanau	54.5			46.889	148.02	87.623			52.750	44
-10	pasir berkerikil berlempung berlanau	60			48.2	148.02	87.623			55.500	44
-11	lempung berlanau berpasir	58.5		c	49.136	148.02	87.623	39.000	0.844		44
-12	lempung berlanau berpasir	57		c	49.732	148.02	87.623	38.000	0.858		44
-13	lempung berlanau berpasir	58		c	50.423	148.02	87.623	38.667	0.848		44
-14	lempung berlanau berpasir	59		c	51.036	148.02	87.623	39.333	0.841		44
-15	lempung berlanau berpasir	59.5		c	51.6	148.02	87.623	39.667	0.837		44
-16	pasir berkerikil berlempung berlanau	60		c	52.125	148.02	87.623	40.000	0.833		44
-17	lempung berlanau berpasir	53.5		c	52.206	148.02	87.623	35.667	0.881		44
-18	lempung berlanau berpasir	47		c	51.917	148.02	87.623	31.333	0.930		41
-19	lempung berlanau berpasir	43		c	51.447	148.02	87.623	28.667	0.959		41
-20	lempung berlanau berpasir	39		c	50.825	148.02	87.623	26.000	0.989		41
-21	lempung berlanau berpasir	49.5		c	50.762	148.02	87.623	33.000	0.911		41
-22	lempung berlanau berpasir	60		c	51.182	148.02	87.623	40.000	0.833		44
-23	pasir berkerikil berlempung berlanau	60			51.585	148.02	87.623			53.700	44
-24	pasir berkerikil berlempung berlanau	60			51.917	148.02	87.623			57.100	44
-25	pasir berkerikil berlempung berlanau	56		c	52.077	148.02	87.623			57.800	44
-26	lempung berlanau	52		c	52.077	148.02	87.623	34.667	0.895		44
-27	lempung berlanau	56		c	52.232	148.02	87.623	37.333	0.863		44
-28	lempung berlanau	60		c	52.5	148.02	87.623	40.000	0.833		44
-29	lempung berlanau	60		c	52.759	148.02	87.623	40.000	0.833		44
-30	lempung berlanau	60		c	53	148.02	87.623	40.000	0.833		44

Depth (m)	Jenis Tanah	N SPT	Grafik SPT		ko (1-sin $\phi$ )	qv (ton/m <sup>2</sup> )	tan (2/3 $\phi$ )	fi	$\sigma'_{H'p}$
0		0							
-1	lempung berlanau berpasir berkerikil	29.5							
-2	lempung berlanau berpasir berkerikil	59							
-3	lempung berlanau berpasir berkerikil	50.5							
-4	lempung berlanau berpasir berkerikil	42							
-5	lempung berlanau berpasir berkerikil	44							
-6	lempung berlanau berpasir berkerikil	46							
-7	pasir berkerikil berlempung berlanau	47.5			0.34	15.40	0.52	2.74	2.58
-8	pasir berkerikil berlempung berlanau	49			0.34	17.60	0.52	3.13	2.95
-9	pasir berkerikil berlempung berlanau	54.5			0.31	19.80	0.56	3.40	3.20
-10	pasir berkerikil berlempung berlanau	60			0.31	22.00	0.56	3.77	3.56
-11	lempung berlanau berpasir	58.5							
-12	lempung berlanau berpasir	57							
-13	lempung berlanau berpasir	58							
-14	lempung berlanau berpasir	59							
-15	lempung berlanau berpasir	59.5							
-16	lempung berlanau berpasir	60							
-17	lempung berlanau berpasir	53.5							
-18	lempung berlanau berpasir	47							
-19	lempung berlanau berpasir	43							
-20	lempung berlanau berpasir	39							
-21	lempung berlanau berpasir	49.5							
-22	lempung berlanau berpasir	60							
-23	pasir berkerikil berlempung berlanau	60			0.31	50.60	0.56	8.68	8.18
-24	pasir berkerikil berlempung berlanau	60			0.31	52.80	0.56	9.06	8.54
-25	pasir berkerikil berlempung berlanau	56			0.31	55.00	0.56	9.44	8.89
-26	lempung berlanau	52							
-27	lempung berlanau	56							
-28	lempung berlanau	60							
-29	lempung berlanau	60							
-30	lempung berlanau	60							



Sehingga dari tabel diatas dapat disimpulkan :

1. Kedalaman untuk bored pile adalah 12 m dengan angka keamanan (SF) 2,8
2. Dalam satu poer terdapat 2 tiang bored pile dengan P max 87,523 T

#### 4.7.2 Perhitungan Penulangan Borpile

##### **Perhitungan Penulangan Lentur Borpile**

Berdasarkan Output SAP pada As 2 Joint B diperoleh :

- Aksial  

$$P_u = 876253,33 \text{ T}$$

$$P_u = P_u / \phi$$

$$= 1095316,7 \text{ N}$$
- Momen  

$$M_u = M_u / (\phi)$$

$$= 122522100 / (2 \times 0,8)$$

$$= 76576313 \text{ Nmm}$$
- e perlu =  $M/P$   

$$= 76576313 \text{ Nmm} / 1095316,7 \text{ N}$$

$$= 69,912 \text{ mm}$$
- Cek Kondisi balance :  

$$d = 0,8 \times 300 = 240 \text{ mm}$$

$$d' = 300 - 240 = 60 \text{ mm}$$

$$d'' = 300/2 - 60 = 80 \text{ mm}$$

##### **Coba 6 D 13**

$$A_s = \frac{1}{4} \pi r^2 = 6 \cdot \frac{1}{4} \pi 13^2 = 795,99 \text{ mm}^2$$

$$x_b = \frac{\frac{600}{(600 + F_y)} d}{\frac{600}{(600 + 400)}} = 240$$



- $$= 144$$
- $$\bullet \quad ab = 0,85 \cdot xb$$

$$= 122,4 \text{ mm}$$
- $$\bullet \quad C_s' = A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$= 795,99 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa})$$

$$= 298098,26 \text{ N}$$
- $$\bullet \quad T = A_s \cdot f_y$$

$$= 795,99 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 318396 \text{ N}$$
- $$\bullet \quad C_c' = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot xb$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 300 \times 144$$

$$= 1248480 \text{ N}$$
- $$\bullet \quad \sum V = 0 \rightarrow P_b$$

$$= C_c' + C_s' - T$$

$$= 1248480 \text{ N} + 298098,26 \text{ N} - 318396 \text{ N}$$

$$= 1228182,34 \text{ N}$$
- $$\bullet \quad M_b$$

$$= P_b \times e_b$$

$$= C_c(d - d'' - ab/2) + C_s'(d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$= 1248480 \text{ N} (249 - 60 - 144/2) + 298098,26 \text{ N} (240 - 60 - 90) + 318396 \text{ N} \cdot 60$$

$$= 1490154453 \text{ Nmm}$$
- $$\bullet \quad e_b = M_b / P_b$$

$$= 1490154453 \text{ Nmm} / 1228182,34 \text{ N}$$

$$= 135,44 \text{ mm}$$

Syarat :  $e_b > e_{\text{perlu}}$

$$135,44 \text{ mm} > 69,912 \text{ mm (memenuhi)}$$

#### Cek Kontrol kondisi tekan menentukan

- $$\bullet \quad xb \text{ diambil nilai } 150$$
- $$\bullet \quad ab = 0,85 \cdot 150$$

$$\begin{aligned}
 &= 127,5 \text{ mm} \\
 \bullet \text{ Cs}' &= \text{As}' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 795,99 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}) \\
 &= 298098,26 \text{ N} \\
 \bullet \text{ T} &= \text{As} \cdot [(\text{dx}/\text{x}) - 1] \cdot f_y \\
 &= 191037,6 \text{ N} \\
 \bullet \text{ Cc}' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 300 \times 127,5 \\
 &= 2448000 \text{ N} \\
 \bullet \Sigma V=0 &\rightarrow \text{Pb} \\
 &= \text{Cc}' + \text{Cs}' - \text{T} \\
 &= 2448000 \text{ N} + 298098,26 \text{ N} - 191037,6 \text{ N} \\
 &= 2555060,7 \text{ N} \\
 \bullet \text{ Mb} &= \text{Pb} \times e_b \\
 &= \text{Cc}(d - d'' - a_b/2) + \text{Cs}'(d - d'' - d') + \text{T} \cdot d'' \\
 &= 2448000 \text{ N} (249 - 60 - 144/2) + 298098,26 \text{ N} \\
 &\quad (240 - 60 - 90) + 191037,6 \text{ N} \cdot 60 \\
 &= 272866883 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$P > \text{Pb}$$

$$2555060,7 \text{ N} > 1228182,34 \text{ N (memenuhi)}$$

$$\text{Mn} > \text{Mu}$$

$$272866883 \text{ Nmm} > 76576313 \text{ N (memenuhi)}$$

Jadi, dapat digunakan untuk tulangan utama pada borpile berdiametr 300 mm sebesar 6 D 16 yang akan di sebarakan di setiap sisi penampang

$$P_{\text{bahan}} \geq P_{\text{ijin Tanah}}$$

$$117,1 \text{ Ton} \geq 99 \text{ Ton}$$

### **Perhitungan Penulangan Geser Spiral Borpile**

Direncanakan

- $f_c'$  = 30 Mpa
- $F_y$  geser = 240 Mpa
- Tulangan sengkang = 12 mm
- $D_g$  = 300 mm
- Cover = 50 mm
- $D_c$  = 200 mm

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Asv} &= \frac{1}{4}\pi d^2 \\ &= \frac{1}{4}\pi 12^2 \\ &= 113,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Ag} &= \frac{1}{4}\pi D^2 \\ &= \frac{1}{4}\pi 300^2 \\ &= 70650 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Ach} &= \frac{1}{4}\pi D^2 \\ &= \frac{1}{4}\pi 200^2 \\ &= 31400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } \rho_s &= 0,45 \cdot \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \cdot \left( \frac{f_c'}{f_{yt}} \right) \\ &= 0,45 \cdot \left( \frac{70650 \text{ mm}^2}{31400 \text{ mm}^2} - 1 \right) \cdot \left( \frac{30}{240} \right) \\ &= 0,0703 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ S} &= \frac{\alpha_s \pi x (D_c - d_b)}{\left( \frac{\pi x D_c^2}{4} \right) \rho_s} \\ &= \frac{113,04 \text{ mm}^2 \pi x (200 - 12)}{\left( \frac{\pi x 200^2}{4} \right) \times 0,0703} \\ &= 30,22 \end{aligned}$$

Dipakai jarak 30 mm

- S max = 75 mm
- Smin = 25 mm
- Spakai = 30 mm

Panjang Penyaluran tulangan borpile

$$\frac{db \cdot f_y}{(4 \cdot \sqrt{f_c})} \geq 0,04 \cdot db \cdot f_y$$

$$\frac{19 \cdot 400}{(4 \cdot \sqrt{30})} \geq 0,04 \cdot 16 \cdot 400$$

$$346,8909 \geq 304 \text{ (memenuhi)}$$

Sehingga dipasang panjang penyaluran = 300mm

#### 4.7.3 Perhitungan Pile Cap

##### a. Perhitungan Tebal Poer

Menghitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil nilai d terbesar di antara keduanya).

Dalam perencanaannya tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi, dimana Vult adalah senilai dengan Pu .hal ini terjadi karena pondasi yang digunakan adalah tiang pancang dan geser ponds terjadi di poer, bukan pada pondasi,maka Vc diambil dari perhitungan berikut :

Diketahui output SAP Pu max adalah :

$$Pu = 276,144 \text{ T (1,2D + 1,6L)}$$

$$Pu = 276,144 \text{ T/ (2,1 m x 1,2 m) = 1,095809 N/mm}^2$$

##### b. Perhitungan Geser Satu Arah Pada Poer Akibat Kolom

Beban Gaya Geser Vu (N)

$$V_u = P_u \times b_w \times L'$$

$$\begin{aligned} L' &= (1/2 \times B) - (1/2 \times \text{Lebar Kolom}) - d \\ &= (1/2 \times 1200) - (1/2 \times 600) - d \\ &= 600 - 300 - d \\ &= 300 - d \end{aligned}$$

Maka

$$\begin{aligned} V_u &= P_u \times b_w \times L' \\ &= 1,095 \times 1200 \times (300 - d) \\ &= 394491,4 - 1314,9714 d \end{aligned}$$

Gaya Geser yang mampu dipikul oleh beton  $V_c$  (N)

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \times 30 \times 1200 \times d \\ &= 838,016 d \end{aligned}$$

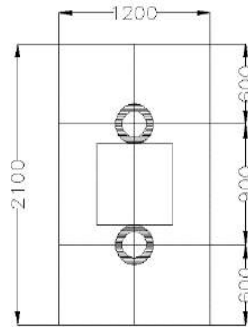
$$\text{Syarat : } V_u \leq \phi V_c$$

$$394491,4 - 1314,9714 d \leq 838,016 d$$

$$294491,4 \leq 2152,99 d$$

$$d \geq 183,23 \text{ mm}$$

c. Perhitungan Geser Dua Arah Pada Poer Akibat Kolom



Gambar 4. 48 Penampang Borpile dan Pile Cap

Berdasarkan SNI 03-2847-2015, Pasal 11.11.2.1 poin (a), (b), dan (c), untuk perencanaan pelat atau fondasi telapak aksi dua arah, untuk beton non-prategang, maka  $V_c$  harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai  $V_c$  terkecil.

$$1. V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x b_o x d$$

Dimana :

$\beta_c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = 600/600 = 1$$

$b_o$  = keliling penampang kritis

$$= 2 \times (600 + 600) + 4d$$

$$= 2400 + 4d$$

$$2. V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_e} + 2 \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x b_o x d$$

Dimana :

$\alpha_s$  = 40 untuk kolom tengah

$\alpha_s$  = 30 untuk kolom tengah

$\alpha_s$  = 20 untuk kolom tengah

$$3. \quad V_c = 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

Luasan tributari At (mm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} A_t &= (L \text{ poer} \times B \text{ poer}) - ((h \text{ kolom} + \text{tebal poer}) \times \\ &\quad (\text{bkolom} + \text{tebal poer})) \\ &= (1200 \times 2100) - ((600 + d) \times (600 + d)) \\ &= 2520000 - 1200 d - d^2 \end{aligned}$$

Beban Gaya Geser Vu (N)

$$\begin{aligned} V_u &= P_u \times A_t \\ &= 1,095809 (2520000 - 1200 d - d^2) \\ &= 2761440 - 1314,9714 d - 1,0958 d^2 \end{aligned}$$

Persamaan 1

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \lambda \times \sqrt{30} \times (2400 + d) \times d$$

$$V_c = 6703,44d + 11,17 d^2$$

Syarat :  $V_u \leq \phi V_c$

$$\begin{aligned} 2761440 - 1314,9714 d - 1,0958 d^2 &\leq \\ 0,75 (6703,44d + 11,17 d^2) & \end{aligned}$$

$$0 \leq 9,476 d^2 + 6343,0645 d - 2761440$$

$$d_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{12}$$

$$= \frac{-6343,06 \pm \sqrt{6343,06^2 - 4 \cdot 6343,06 \cdot 2761440}}{2 \cdot 9,476}$$

$$d_1 = -969,857$$

$$d_2 = 300,4723$$



Persamaan 2

$$V_c = 0,083 \left( \frac{as \ d}{be} + 2 \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x b o x d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{as \ d}{bo} + 2 \frac{bo}{bo} \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x b o x d$$

$$V_c = 0,083 x (as \cdot d + 2bo) \lambda x \sqrt{f_c'} x x d$$

$$V_c = 0,083 x (40 \cdot d + 2(2400 + d)) 1 x 30 x x d$$

$$V_c = 2191,2d + 21,91d^2$$

$$\text{Syarat : } V_u \leq \phi V_c$$

$$2761440 - 1314,9714 d - 1,0958 d^2 \leq$$

$$0,75(2191,2d + 21,91d^2)$$

$$0 \leq 22,917 d^2 + 2951,664 d - 2761440$$

$$d_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{12} = \frac{-2951,6 \pm \sqrt{2951,66^2 - 4 \cdot 22,917 \cdot 2761440}}{2 \cdot 22,917}$$

$$d_1 = -417,446$$

$$d_2 = 288,6529$$

Persamaan 3

$$V_c = 0,33 x \lambda x \sqrt{f_c'} x b o x d$$

$$= 0,33 x 1 x \sqrt{30} x (2400+d) x d$$

$$= 7,229 d^2 + 4337,963 d$$

$$\text{Syarat : } V_u \leq \phi V_c$$

$$2761440 - 1314,9714 d - 1,0958 d^2 \leq$$

$$0,75(7,229 d^2 + 4337,963 d)$$

$$0 \leq 6,518 d^2 + 4568,44 d - 2761440$$

$$d_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

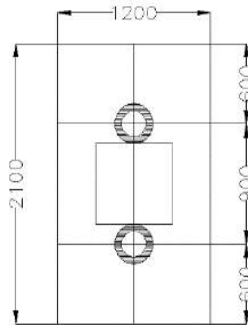
$$d_{12} = \frac{-4568,4 \pm \sqrt{4568,4^2 - 4 \cdot 6,518 \cdot 2761440}}{2 \cdot 6,518}$$

$$d_1 = -1089$$

$$d_2 = 388,78$$

Diambil  $d$  terbesar berdasarkan geser ponds dua arah akibat kolom, yaitu  $d \geq 388,7889 \text{ mm}$

d. Perhitungan Geser Dua Arah Pada Poer Akibat Bore Pile



Gambar 4. 49 Penampang Borpile dan Pile Cap

Berdasarkan SNI 03-2847-2015, Pasal 11.11.2.1 poin (a), (b), dan (c), untuk perencanaan pelat atau fondasi telapak aksi dua arah, untuk beton non-prategang, maka  $V_c$  harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai  $V_c$  terkecil.

$$1. \quad V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x b o x d$$

Dimana :

$\beta c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta c = 600/600 = 1$$

$bo$  = keliling penampang kritis

$$= \pi (dtp + d)$$

$$= \pi (300 + d)$$

$$= 3,14 d + 942$$

$$2. Vc = 0,083 \left( \frac{as}{be} + 2 \right) \lambda x \sqrt{f'c} x bo x d$$

Dimana :

$\alpha_s$  = 40 untuk kolom tengah

$\alpha_s$  = 30 untuk kolom tepi

$\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut

$$3. Vc = 0,33 x \lambda x \sqrt{f'c} x bo x d$$

Luasan tributari  $A_t$  (mm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} A_t &= (L_{poer} \times B_{poer}) - (A_{pondasi}) \\ &= (1200 \times 2100) - (1/4 \cdot \pi (dtp + d)^2) \\ &= 2519100 - 471 d - 0,785 d^2 \end{aligned}$$

Beban Gaya Geser  $V_u$  (N)

$$\begin{aligned} V_u &= P_u \times A_t \\ &= 1,095809 (2519100 - 471 d - 0,785 d^2) \\ &= 2760454 - 516,12629 d - 1,0958 d^2 \end{aligned}$$

Persamaan 1

$$Vc = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda x \sqrt{f'c} x bo x d$$

$$Vc = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \lambda x \sqrt{30} x (3,14 d + 942) x d$$

$$Vc = 2631,369 d + 11,17 d^2$$

Syarat :  $V_u \leq \phi V_c$

$$2760454 - 516,12629 d - 1,0958 d^2 \leq$$

$$0,75(2631,369 d + 11,17 d^2)$$

$$0 \leq 9,476 d^2 + 2489,65 d - 276054$$

$$d_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{12} = \frac{-2489,65 \pm \sqrt{2489,65^2 - 4 \cdot 9,476 \cdot 276054}}{2 \cdot 9,476}$$

$$d_1 = -686,856$$

$$d_2 = 424,1225$$

### Persamaan 2

$$Vc = 0,083 \left( \frac{as d}{be} + 2 \right) \lambda x \sqrt{fc' x bo x d}$$

$$Vc = 0,083 \left( \frac{as d}{bo} + 2 \frac{bo}{bo} \right) \lambda x \sqrt{fc' x bo x d}$$

$$Vc = 0,083 x (as \cdot d + 2bo) \lambda x \sqrt{fc' x x d}$$

$$Vc = 0,083 x (40 \cdot d + 2(3,14 d + 942)) 1 x 30 x x d$$

$$Vc = 856,48 d + 17,27 d^2$$

$$\text{Syarat : } Vu \leq \phi Vc$$

$$856,48 d + 17,27 d^2 \leq$$

$$0,75 (856,48 d + 17,27 d^2)$$

$$0 \leq 18,371 d^2 + 1158,48 d - 276054$$

$$d_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{12}$$

$$= \frac{-1158,48 \pm \sqrt{1158,48^2 - 4 \cdot 18,371 \cdot -276054}}{2 \cdot 18,371}$$

$$d_1 = -420,447$$

$$d_2 = 357,3858$$

Persamaan 3

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times (3,14 d + 942) \times d \\
 &= 7,229 d^2 + 4337,963 d
 \end{aligned}$$

Syarat :  $V_u \leq \phi V_c$

$$856,48 d + 17,27 d^2 \leq$$

$$0,75(7,229 d^2 + 4337,963 d)$$

$$0 \leq 6,518 d^2 + 1793,11 d - 2760454$$

$$d_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\begin{aligned}
 &d_{12} \\
 &= \frac{-1793,11 \pm \sqrt{1793,11^2 - 4 \cdot 6,518 \cdot -2760454}}{2 \cdot 6,518}
 \end{aligned}$$

$$d_1 = -802,688$$

$$d_2 = 527,59$$

Diambil d terbesar berdasarkan geser ponds dua arah akibat kolom , yaitu  $d \geq 527,59\text{mm}$

e. Cek Terhadap Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2 untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir,  $l_{dc}$  harus diambil sebesar yang terbesar dari  $0,24F_y/(\lambda\sqrt{f_c'})$  db, dan  $(0,043.f_y)$  db

$$0,24 \times 400 / (1 \times \sqrt{30}) \times 19 \geq (0,043 \times 400) \times 19$$

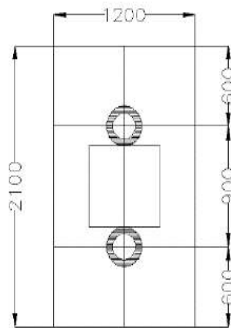
$$333,02 \text{ mm} \geq 326,8 \text{ mm (*memenuhi*)}$$

$$h_{poer} \geq 333,02 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tebal poer diambil d terbesar yaitu  $d > 527,59 \text{ mm}$  dan berdasarkan perhitungan panjang penyaluran tulangan dibutuhkan  $333,02 \text{ mm}$ , jadi dipakai tebal poer

$$\begin{aligned} (h) &= \text{tebal cover} + \text{dim tul poer} + 1/2 \text{ dim tul poer} \\ &\quad + d \text{ rencana} \\ &= 631,097 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

f. Cek Perhitungan Geser Pons  
**Geser Pons 1 arah akibat kolom**



*Gambar 4. 50 Penampang Borpile dan Pile Cap*

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (d)} &= h - \text{selimut beton} - (1/2D) \\ &= 615,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Beban Gaya Geser  $V_u$  (N)

$$\begin{aligned} V_u &= P_u \times b_w \cdot L \\ &= 1,09581 \cdot 1200 \cdot (750 - d) \\ &= 1,09581 \cdot 1200 \cdot (750 - 615,5) \\ &= 524603,6 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya Geser yang mampu dipikul oleh beton  $V_c$  (N)

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x b_o x d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \lambda x \sqrt{30} x (2400 + d) x d$$

$$V_c = 6703,44. 615,5 + 11,17. 615,5^2$$

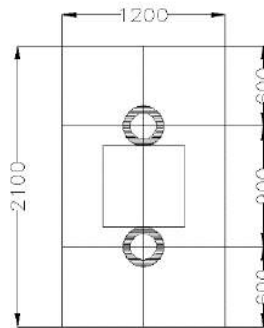
$$V_c = 687731,4$$

$$\text{Syarat : } V_u \leq \phi V_c$$

$$524603,6 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 687731,4$$

$$524603,6 \text{ N} \leq 525798,5 \text{ (memenuhi)}$$

### Geser Ponds 2 Arah akibat kolom



Gambar 4. 51 Penampang Borpile dan Pile Cap

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (d)} &= h - \text{selimut beton} - (1/2D) \\ &= 615,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x b_o x d$$

Dimana :

$$\beta_c = \text{rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom}$$

$$\beta_c = 600/600 = 1$$

$$\begin{aligned}
 bo &= \text{keliling penampang kritis} \\
 &= 2 \times (600 + 600) + 4d \\
 &= 2400 + 4d
 \end{aligned}$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{as}{be} d + 2 \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x bo x d$$

Dimana :

$$\alpha_s = 40 \text{ untuk kolom tengah}$$

$$\alpha_s = 30 \text{ untuk kolom tepi}$$

$$\alpha_s = 20 \text{ untuk kolom sudut}$$

$$V_c = 0,33 x \lambda x \sqrt{f_c'} x bo x d$$

#### Luasan tributi At (mm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}
 At &= (L_{\text{poer}} \times B_{\text{poer}}) - ((h_{\text{kolom}} + \text{tebal poer}) \times \\
 &\quad (\text{bkolom} + \text{tebal poer})) \\
 &= (1200 \times 2100) - ((600 + d) \times (600 + d)) \\
 &= 2520000 - 1200 d - d^2
 \end{aligned}$$

#### Beban Gaya Geser Vu (N)

$$\begin{aligned}
 Vu &= Pu \times At \\
 &= 1,095809 (2520000 - 1200 d - d^2) \\
 &= 2761440 - 1314,9714.615,5 - 1,095. 615,5^2 \\
 &= 1536938
 \end{aligned}$$

#### Persamaan 1

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x bo x d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \lambda x \sqrt{30} x (2400 + d) x d$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 6703,44. 615,5 + 11,17. 615,5^2 \\
 &= 6269531 \text{ N}
 \end{aligned}$$



Syarat :  $V_u \leq \phi V_c$

$$1536938 \text{ N} \leq 0,75 (6269531 \text{ N}) \text{ (memenuhi)}$$

$$1536938 \text{ N} \leq 4702149 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

### Persamaan 2

$$V_c = 0,083 \left( \frac{as \cdot d}{be} + 2 \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x bo \cdot x \cdot d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{as \cdot d}{bo} + 2 \frac{bo}{bo} \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x bo \cdot x \cdot d$$

$$V_c = 0,083 x (as \cdot d + 2bo) \lambda x \sqrt{f_c'} x x \cdot d$$

$$V_c = 0,083 x (40 \cdot d + 2(2400 + d)) 1 x 30 x x \cdot d$$

$$V_c = 2191,2 \cdot 615,5^2 + 21,91 \cdot 615,5^2$$

$$= 7551854 \text{ N}$$

Syarat :  $V_u \leq \phi V_c$

$$1536938 \text{ N} \leq 0,75 (7551854 \text{ N})$$

$$1536938 \text{ N} \leq 5663890 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

### Persamaan 3

$$V_c = 0,33 x \lambda x \sqrt{f_c'} x bo \cdot x \cdot d$$

$$= 0,33 x 1 x \sqrt{30} x (2400 + d) x d$$

$$= 7,229 \cdot 615,5^2 + 4337,963 \cdot 615,5$$

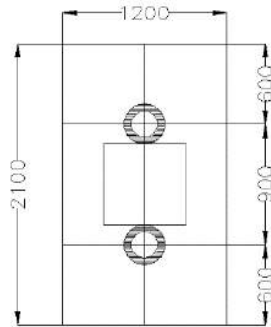
$$= 4056756$$

Syarat :  $V_u \leq \phi V_c$

$$1536938 \text{ N} \leq 0,75 (4056756 \text{ N}) \text{ (memenuhi)}$$

$$1536938 \text{ N} \leq 3042567 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

g. Perhitungan Geser Dua Arah Pada Poer Akibat Bore Pile



Gambar 4. 52 Penampang Borpile dan Pile Cap

$$\begin{aligned}\text{Tinggi efektif (d)} &= h - \text{selimut beton} - (1/2D) \\ &= 615,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x b_o x d$$

Dimana :

$\beta_c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = 600/600 = 1$$

$b_o$  = keliling penampang kritis

$$= \pi (d_{tp} + d)$$

$$= \pi (300 + d)$$

$$= 3,14 d + 942$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_e} + 2 \right) \lambda x \sqrt{f_c'} x b_o x d$$

Dimana :

$\alpha_s$  = 40 untuk kolom tengah

$\alpha_s$  = 30 untuk kolom tepi

$\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut

$$V_c = 0,33 x \lambda x \sqrt{f_c'} x b_o x d$$

Luasan tributari At (mm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}
 At &= (L \text{ poer} \times B \text{ poer}) - (A \text{ pondasi}) \\
 &= (1200 \times 2100) - (1/4 \cdot \pi (dtp + d)^2) \\
 &= 2519100 - 471 \text{ d} - 0,785 \text{ d}^2
 \end{aligned}$$

Beban Gaya Geser Vu (N)

$$\begin{aligned}
 Vu &= Pu \times At \\
 &= 1,095809 (2519100 - 471 \text{ d} - 0,785 \text{ d}^2) \\
 &= 2760454 - 516,12 \cdot 615,5 - 1,09 \cdot 615,5^2 \\
 &= 1836660 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Persamaan 1

$$\begin{aligned}
 Vc &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda x \sqrt{f_c'} x bo x d \\
 Vc &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \lambda x \sqrt{30} x (3,14 \text{ d} + 942) x d \\
 Vc &= 2631,369 \text{ d} + 11,17 \text{ d}^2 \\
 Vc &= 2631,369 \cdot 615,5 + 11,17 \cdot 615,5^2 \\
 &= 6269531 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } Vu \leq \phi Vc$$

$$1836660 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 6269531 \text{ N}$$

$$1836660 \text{ N} \leq 4702149 \text{ N}$$

Persamaan 2

$$\begin{aligned}
 Vc &= 0,083 \left(\frac{as \cdot d}{be} + 2\right) \lambda x \sqrt{f_c'} x bo x d \\
 Vc &= 0,083 \left(\frac{as \cdot d}{bo} + 2 \frac{bo}{bo}\right) \lambda x \sqrt{f_c'} x bo x d \\
 Vc &= 0,083 x (as \cdot d + 2bo) \lambda x \sqrt{f_c'} x x d \\
 Vc &= 0,083 x (40 \cdot d + 2(3,14 \text{ d} + 942)) \cdot 1 x 30 x x d \\
 Vc &= 856,48 \text{ d} + 17,27 \text{ d}^2 \\
 Vc &= 856,48 \cdot 615,5 + 17,27 \cdot 615,5^2
 \end{aligned}$$

$$= 7551854 \text{ N}$$

Syarat :  $V_u \leq \phi V_c$

$$1836660 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 7551854 \text{ N}$$

$$1836660 \text{ N} \leq 5663890 \text{ N (memenuhi)}$$

### Persamaan 3

$$\begin{aligned} V_c &= 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times (3,14 d + 942) \times d \\ &= 7,229 d^2 + 4337,963 d \\ &= 7,229 \cdot 615,5^2 + 4337,963 \cdot 615,5 \\ &= 3042567 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :  $V_u \leq \phi V_c$

$$1836660 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 7551854 \text{ N}$$

$$1836660 \text{ N} \leq 3042567 \text{ N (memenuhi)}$$

#### h. Perencanaan Tulangan Lentur Pile Cap

Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

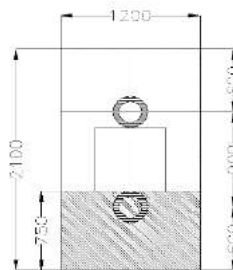
### Data Perencanaan

- Dimensi poer = 1,2 m x 2,1m x 0,7m
- Jumlah tiang pancang = buah
- Dimensi kolom = 60 cm x 60 cm
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 30 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa

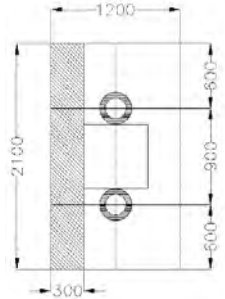
- Diameter tulangan utama = 19 mm
- Selimut beton (p) = 75 mm
- h = 700 mm
- $d_x = 600 - 75 - (1/2 \times 19)$   
= 516,5 mm
- $d_y = 600 - 75 - 19 - (1/2 \times 19)$   
= 579 mm
- $\phi = 0,8$

Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

- Poer arah X :  
b1 = 300 mm
- Poer arah Y :  
b1 = 750 mm  
b2 = 600 mm  
b3 = 150 mm



*Gambar 4. 53 Mekanka Poer arah Y*



*Gambar 4. 54 Mekanka Poer arah X*

Penulangan Poer arah X

$$\begin{aligned} Q_u &= \text{berat poer} = 2,1 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^2 \times 1 \\ &= 1562,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

P max beban tiang dari bawah akibat beban sementara  
(1DL + 1LL + RSx)

$$P = 73641 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 73641 \text{ kg} - 1562,4 \text{ kg} \\ &= 72078,6 \text{ kg} \\ &= 720786 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa

(SNI 03-2847-2013)

$$\sqrt{f_c'} < \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{30} < 8,33$$

$$5,477 < 8,33 \text{ (memenuhi)}$$

Kuat Geser Beton

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.2.1.1)

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,17 \times \sqrt{30} \times 2100 \times 616,5 \\
 &= 1203529,946 \text{ N}
 \end{aligned}$$

#### Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 Vs_{min} &= 0,33 \times b \times d \\
 &= 0,33 \times 2100 \times 616,5 \\
 &= 426541,5 \text{ N} \\
 Vs_{max} &= 0,33 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 2100 \times 616,5 \\
 &= 2336264,013 \text{ N} \\
 2Vs_{max} &= 0,66 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= 0,66 \times \sqrt{30} \times 2100 \times 616,5 \\
 &= 4672528,025 \text{ N}
 \end{aligned}$$

#### Kondisi 1

$$\begin{aligned}
 Vu \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot Vc &\rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser} \\
 720786 \text{ N} \geq 451323,7297 \text{ N} &\text{ (**Tidak Memenuhi**)}
 \end{aligned}$$

#### Kondisi 2

$$\begin{aligned}
 0,5 \cdot \emptyset \cdot Vc \leq Vu \leq \emptyset \cdot Vc &\rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser} \\
 451323,7297 \text{ N} \leq 720786 \text{ N} \leq 902647,46 \text{ N} &\text{ (**Memenuhi**)}
 \end{aligned}$$

Jadi penulangan geser berdasarkan kondisi 2

$$\begin{aligned}
 Vs_{min} &= 0,33 \times b \times d \\
 &= 0,33 \times 2100 \times 616,5 \\
 &= 426541,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 Av &= (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki} \\
 &= (0,25 \times \pi \times 10^2) \times 2 \\
 &= 157,08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu ( $S_{\text{perlu}}$ )

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_{s \text{ perlu}}} \\
 &= \frac{157 \times 240 \times 539}{426541,5 \text{ N}} \\
 &= 54,3722 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 50 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &< \frac{d}{2} && \text{atau} && S_{\text{max}} < 600 \\
 50 &< \frac{616,5}{2} && \text{atau} && 50 < 600 \\
 50 \text{ mm} &< 307,75 \text{ mm} && && (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10-50mm.

**Cek Persyaratan SRPMM Untuk Kekuatan Geser Balok**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang, dan
- 300 mm

**(SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.(2))**

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &< \frac{d}{4} \\
 50 \text{ mm} &< \frac{616,5}{4} \\
 50 \text{ mm} &< 153,875 \text{ mm} && (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 S_{\max} &< 8 D_{\text{lentur}} \\
 50 \text{ mm} &< 8 (19) \\
 50 \text{ mm} &< 152 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi}) \\
 S_{\max} &< 24 D_{\text{sengkan}} \\
 50 \text{ mm} &< 24 (10) \\
 a_0 \text{ mm} &< 240 \quad (\text{Memenuhi}) \\
 S_{\max} &< 300 \text{ mm} \\
 50 \text{ mm} &< 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Sehingga penulangan arah X menggunakan tulangan Ø10-50

#### Penulangan Poer arah Y

$$\begin{aligned}
 Q_u &= \text{berat poer} = 1,2 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^2 \times b_1 \\
 &= 1209,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

P max beban tiang dari bawah akibat beban sementara  
(1DL + 1LL + RSx)

$$P = 86907 \text{ kg}$$

Maka diambil  $P = 86907 \text{ kg}$ .

Momen yang terjadi pada poer adalah:

$$\begin{aligned}
 M_u &= (-M_q + M_p) \\
 &= [(-(q_u \times \frac{1}{2} b_1) + (P \times \text{jarak As.tiang ke muka} \\
 &\text{kolom}))]
 \end{aligned}$$

$$= [(-(1209,6 \text{ kg} \times \frac{1}{2} \times 0,6) + (86907 \text{ kg} \times 750))]$$

$$= 12128,85 \text{ kgm}$$

$$= 121288500 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{121288500}{0,8} = 151610625 \text{ N/mm}^2$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = 0,334$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,69) \cdot (0,019)}{400}} \right)$$

$$= 0,00084$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,054$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{max} = 0,75, \rho_{balance} = 0,0406$$

Syarat:

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,00084 < 0,0406 \text{ (tidak memenuhi)}$$

Maka dipakai  $\rho_{min} = 0,0035$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{pakai} \times b \times d_x \\ &= 0,0035 \times 1200 \times 615,5 \\ &= 4384,275 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan  $\rightarrow S_{maks} \leq 2h$

$$S_{maks} = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 75 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan  $\emptyset 19$

$$As_{pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 b}{s_{pakai}}$$

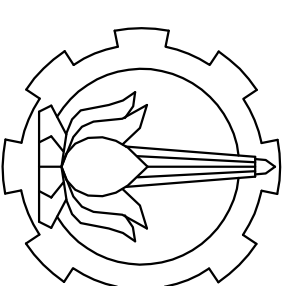
$$As_{pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 2100}{75} = 4534,16$$

Syarat:

$$As_{pakai} > As_{perlu}$$

$$4534,16^2 \text{ mm}^2 > 4384,275 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{mm}$$



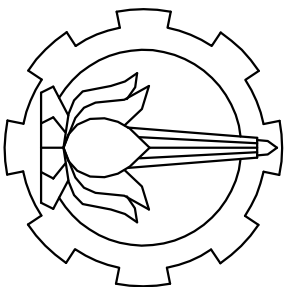


INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEJUNG

## JUDUL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMD)**

NO.	KETERANGAN	PARAF
DOSEN PEMBIMBING		
<p>Ir. Boedi Wibowo, CES NIP : 19530424 198203 1 002</p>		
MAHASISWA I	MAHASISWA II	
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017	
JUDUL GAMBAR		
DENAH LANTAI I		
SKALA	KODE GAMBAR	
1:150	ARS	
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR	
1	44	



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

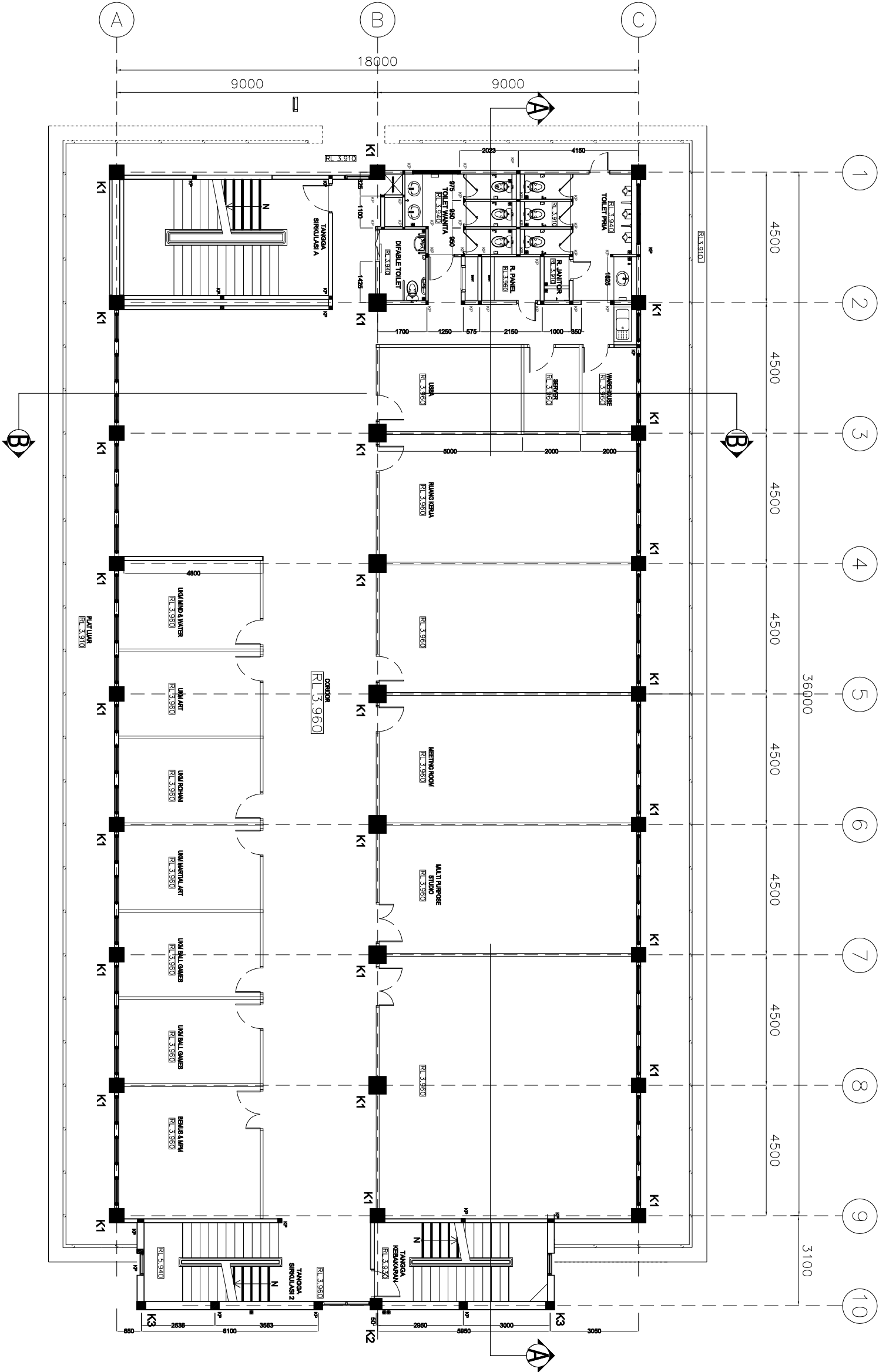
MAHASISWA I	MAHASISWA II
-------------	--------------

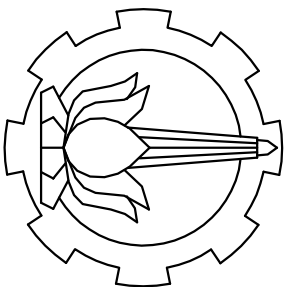
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
-----------------------------	---------------------------------

JUDDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 2

SKALA	KODE GAMBAR
1:150	ARS
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
2	44





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
-------------	--------------

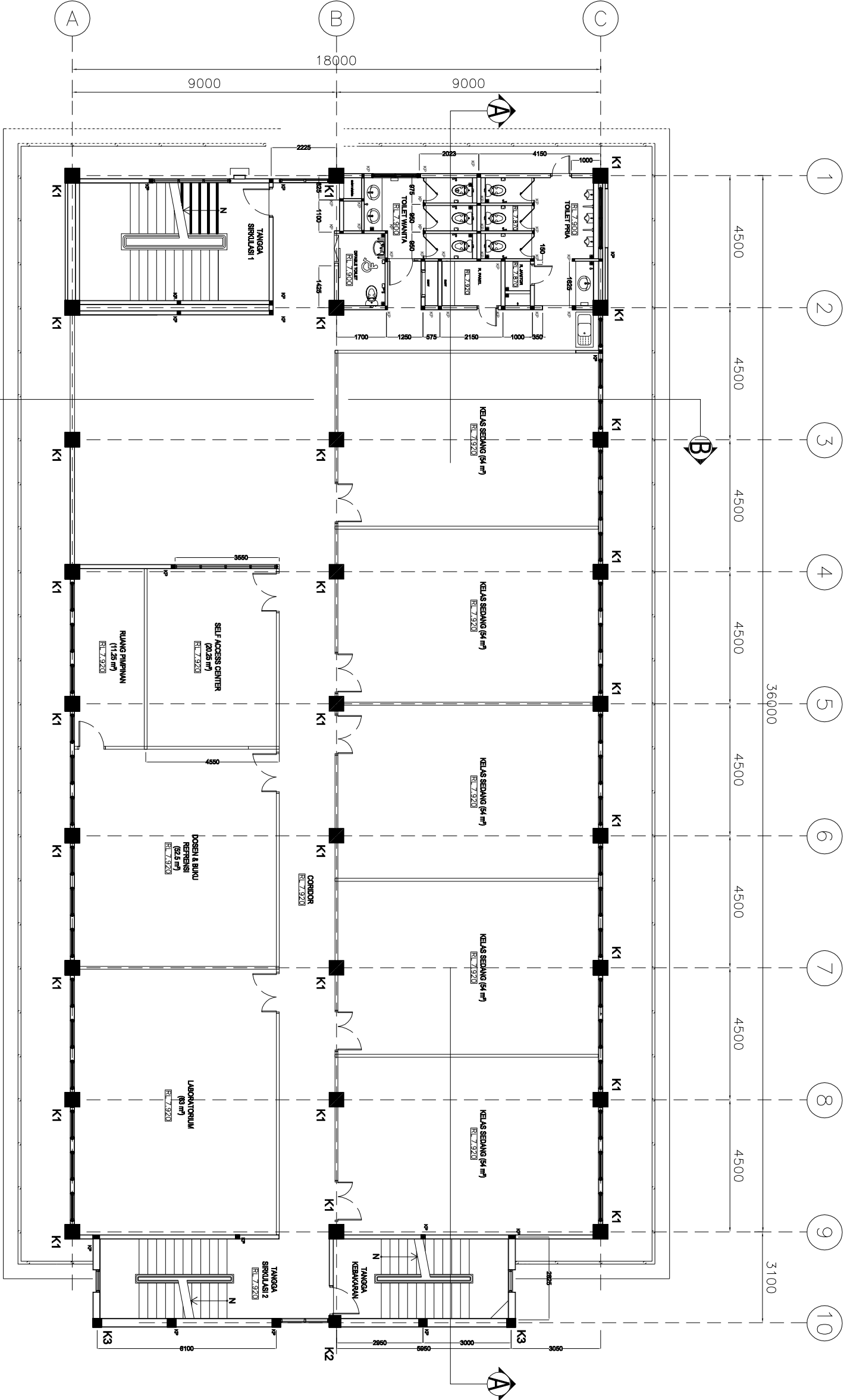
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
-----------------------------	---------------------------------

JUDDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 3

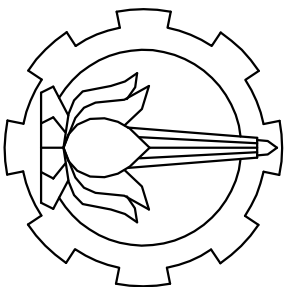
SKALA	KODE GAMBAR
1:150	ARS
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

3	44
---	----



DENAH LANTAI 3

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

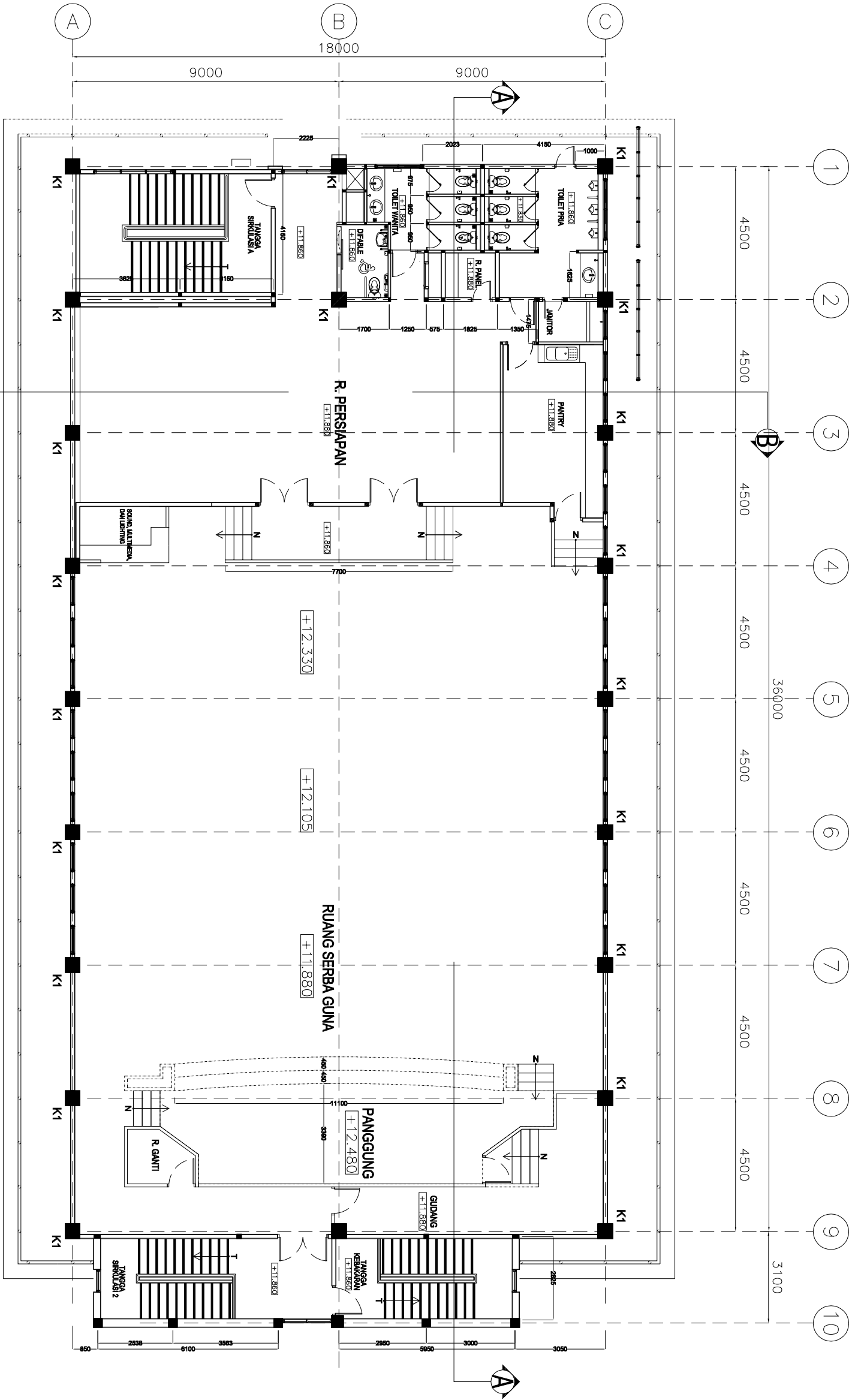
MAHASISWA I	MAHASISWA II
-------------	--------------

Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
-----------------------------	---------------------------------

JUDDUL GAMBAR

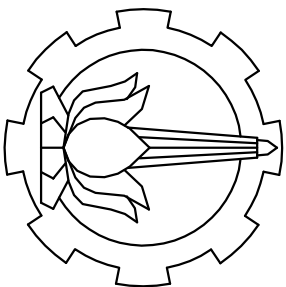
DENAH LANTAI 4

SKALA	KODE GAMBAR
1:150	ARS
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
4	44



DENAH LANTAI 4

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

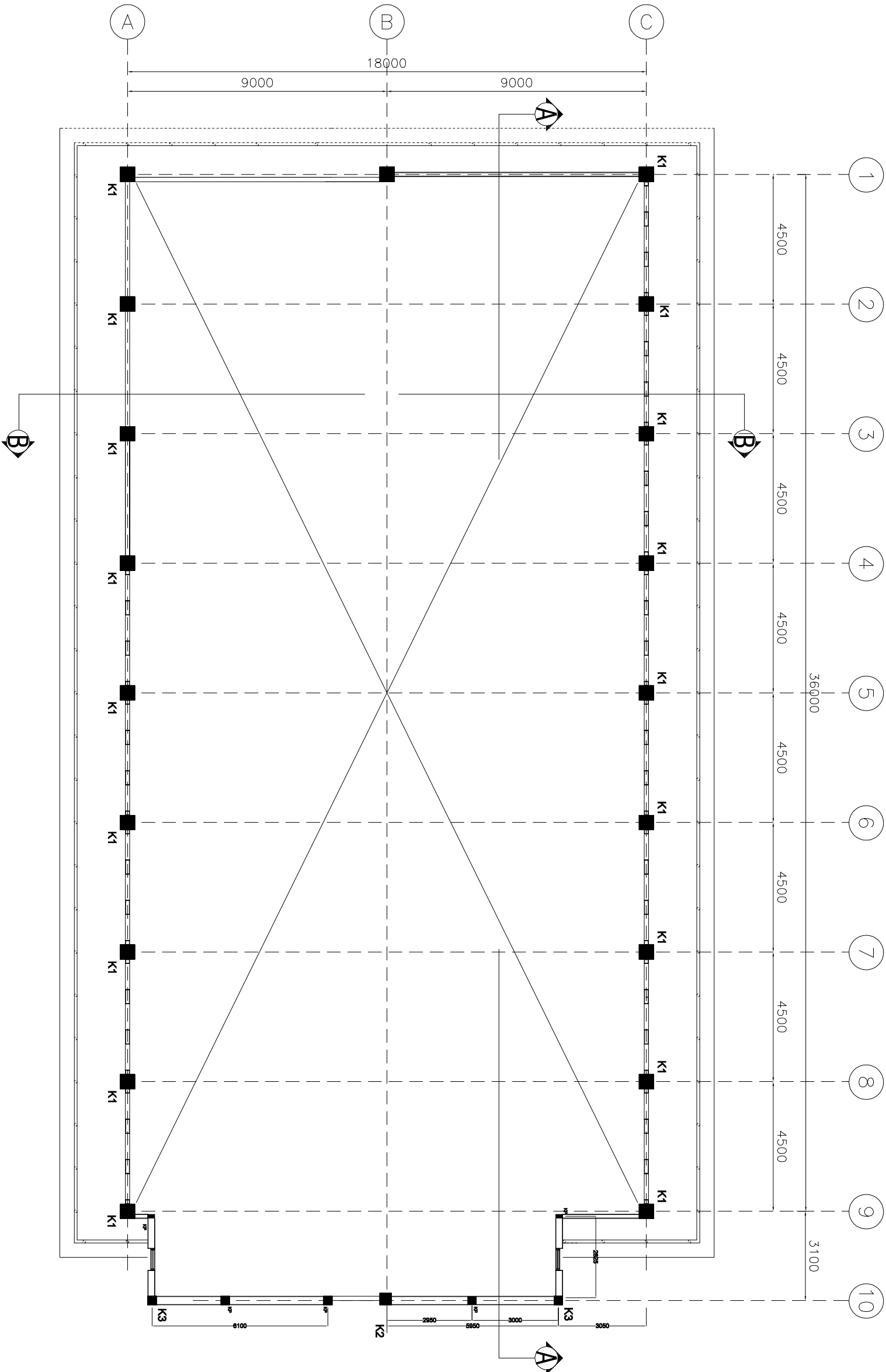
NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING	
Ir. Boedi Wibowo, CES NIP : 19530424 198203 1 002	
MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 5(ATAP)

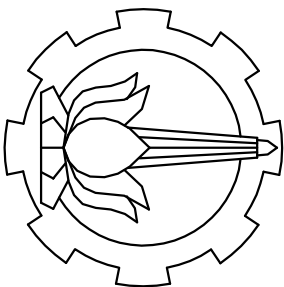
SKALA	KODE GAMBAR
1:150	ARS
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
5	44



DENAH LANTAI 5 (ATAP)

SKALA 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING		
Ir. Boedi Wibowo, CES NIP : 19530424 198203 1 002		
MAHASISWA I	MAHASISWA II	
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017	

JUDUL GAMBAR

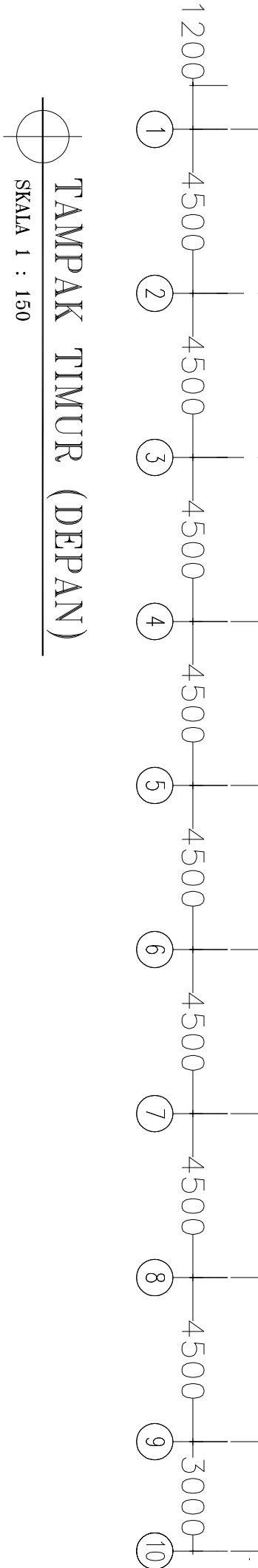
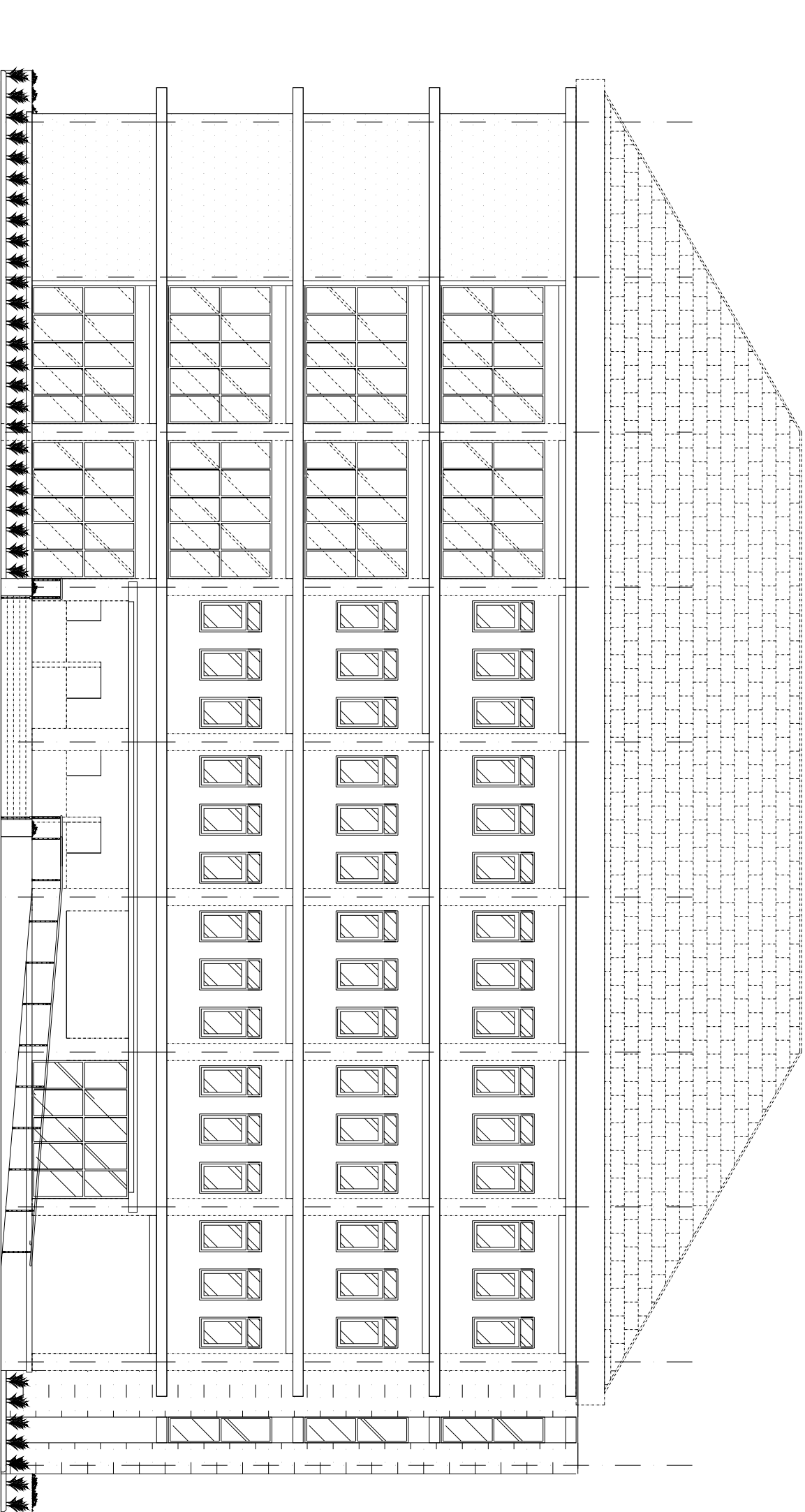
TAMPAK TIMUR (DEPAN)

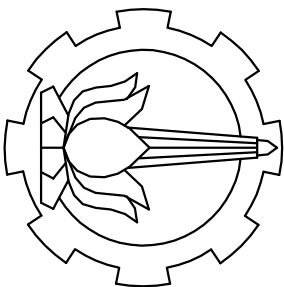
SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:150                      ARS

NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------	---------------

6	44
---	----





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

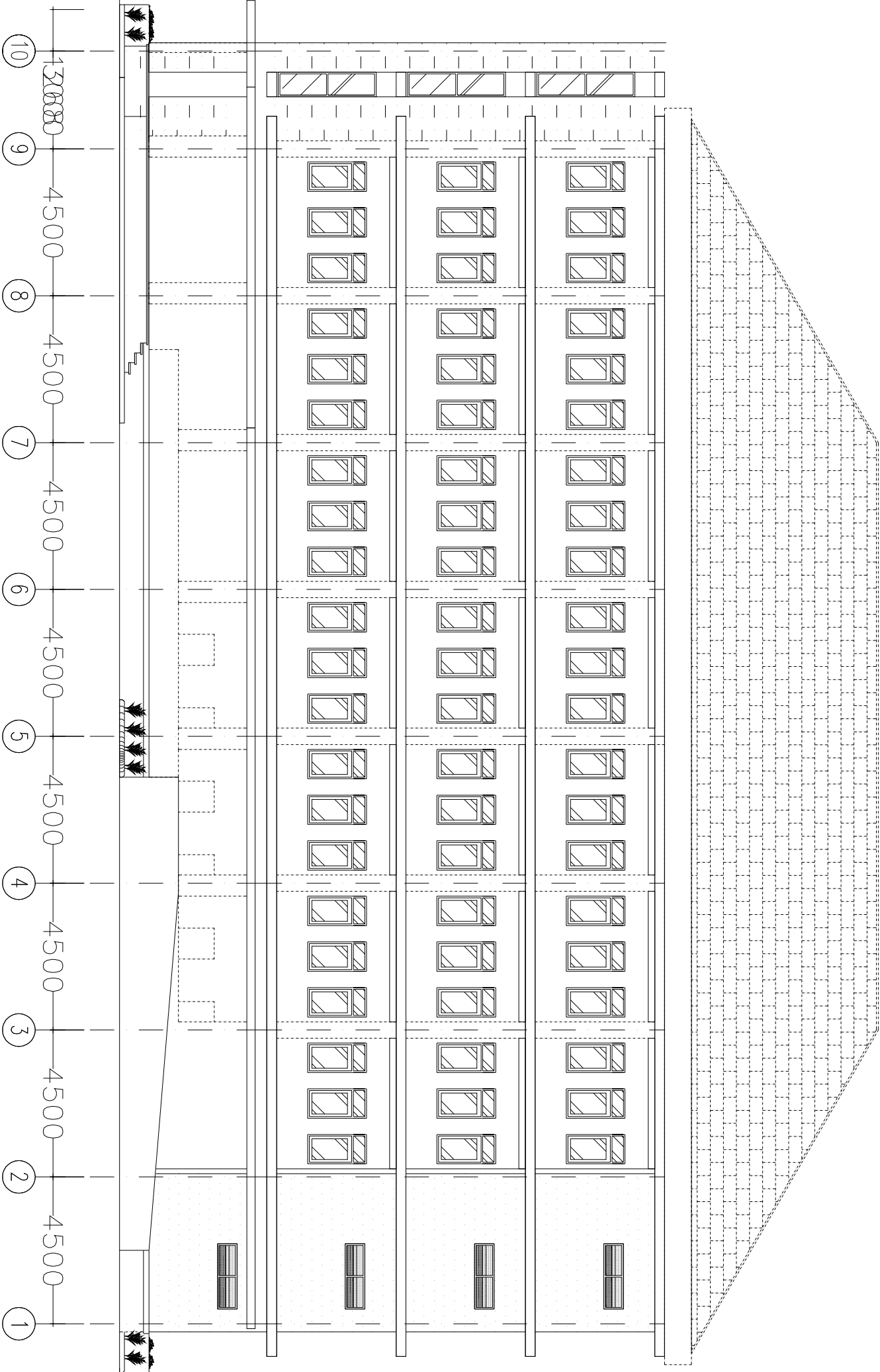
DOSEN PEMBIMBING		
Ir. Boedi Wibowo, CES NIP : 19530424 198203 1 002		
MAHASISWA I	MAHASISWA II	
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017	

JUDUL GAMBAR

TAMPAK BARAT (BELAKANG)

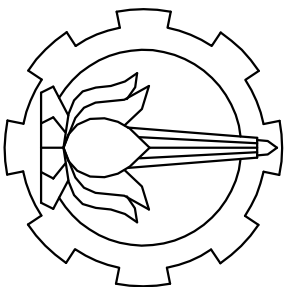
SKALA	KODE GAMBAR
1:150	ARS
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

744



TAMPAK BARAT (BELAKANG)

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

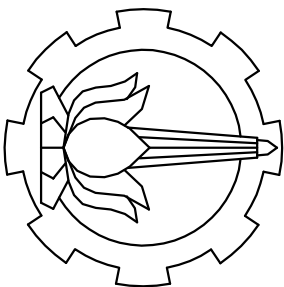
Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDUL GAMBAR

TAMPAK SAMPIING KANAN

SKALA	KODE GAMBAR
1:150	ARS
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
-------------	--------------

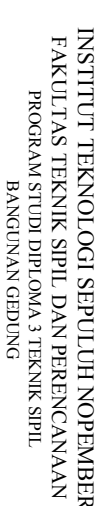
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
-----------------------------	---------------------------------

JUDUL GAMBAR

TAMPAK SAMPING KIRI

SKALA	KODE GAMBAR
1:150	ARS
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

9	44
---	----



JUDUL TUGAS AKHIR

NO.	KETERANGAN	PARAF
-----	------------	-------


## DOSEN PEMBIMBING

MAHASISWA II

Nova Meristiana S  
3113030017

JUDUL GAMBAR

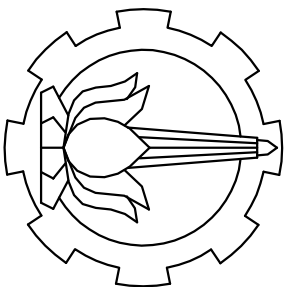
KODE GAMBAR

# ARS

JUMLAH GAMBAR

44





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

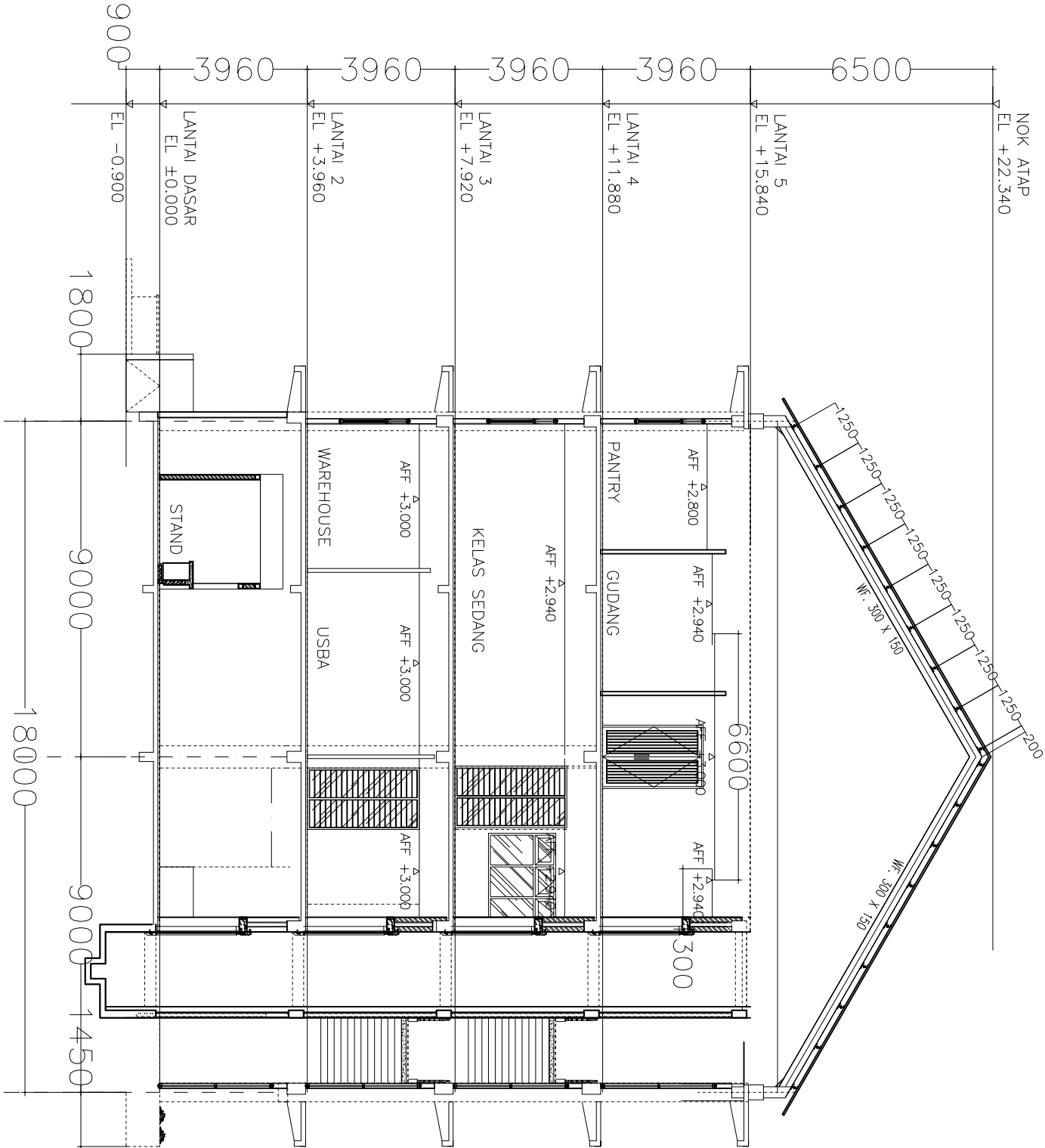
DOSEN PEMBIMBING		
Ir. Boedi Wibowo, CES NIP : 19530424 198203 1 002		
MAHASISWA I	MAHASISWA II	
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017	

JUDUL GAMBAR

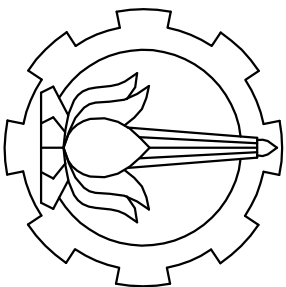
POTONGAN B-B

SKALA	KODE GAMBAR
1:150	ARS
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

11	44
----	----



POTONGAN B-B  
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF
-----	------------	-------

--	--	--

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
-------------	--------------

Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
-----------------------------	---------------------------------

JUDDUL GAMBAR

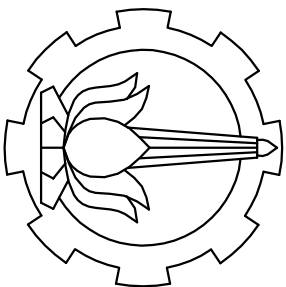
DENAH PELAT DAN BALOK LANTAI I

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:150	STR
-------	-----

NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------	---------------

12	44
----	----



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF
-----	------------	-------

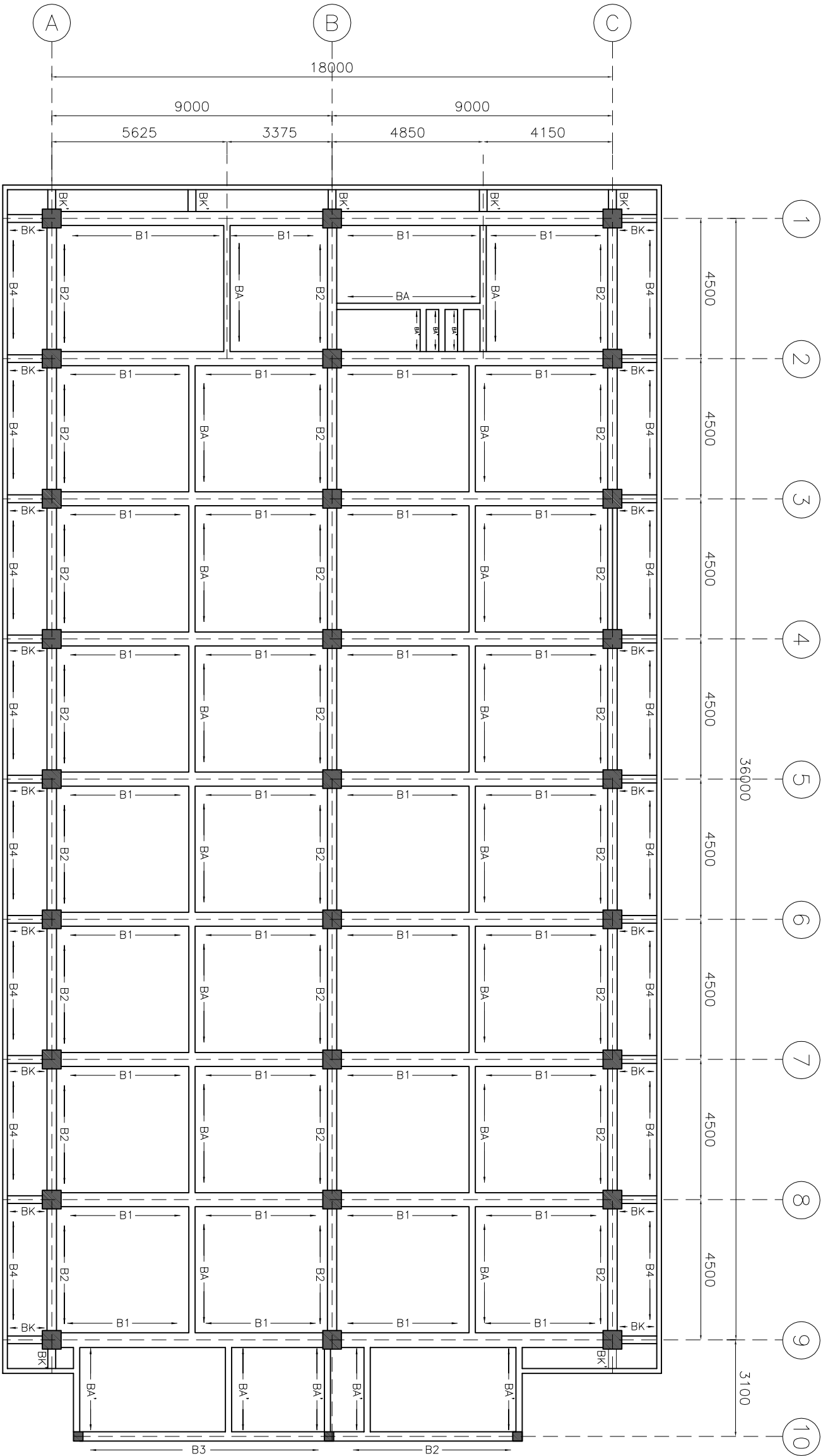
DOSEN PEMBIMBING		
------------------	--	--

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDDUL GAMBAR
---------------

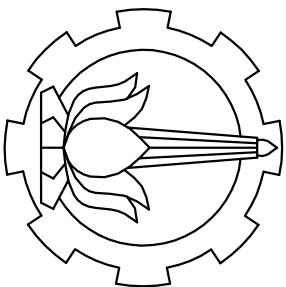
DENAH PELAT DAN BALOK LANTAI 2	
SKALA	KODE GAMBAR
1:150	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
13	44



TYPE	LY	LX	LY/LX	ARAH
S1	4.50	4.50	1.00	DUA ARAH
S2	5.13	4.50	1.14	DUA ARAH
S3	4.50	3.87	1.16	DUA ARAH
S4	4.50	4.15	1.08	DUA ARAH
S5	4.85	2.83	1.71	DUA ARAH
S6	4.50	3.10	1.45	DUA ARAH
S7	3.42	3.10	1.10	DUA ARAH
S8	3.27	3.10	1.05	DUA ARAH
S9	3.70	3.10	1.19	DUA ARAH
S10	2.93	1.67	1.75	DUA ARAH
S11	3.10	1.08	2.87	SATU ARAH
S12	3.10	1.23	2.52	SATU ARAH
S13	4.50	1.50	3.00	SATU ARAH
S14	4.50	1.00	4.50	SATU ARAH

TYPE	NAMA BALOK	DIMENSI
B1	BALOK INDUK MEWANGIANG	450 X 650
B2	BALOK INDUK MELINTANG	300 X 450
B3	BALOK SAMPIR JANGGA	300 X 600
B4	BALOK USPLANG	150 X 300
BA	BALOK ANAK	200 X 400
BA'	BALOK ANAK	200 X 300
BK	BALOK KANTILEVER	250 X 500
BK'	BALOK KANTILEVER	250 X 300





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF
-----	------------	-------

--	--	--

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
-------------	--------------

Zainul Abidin  
3113030002

Nova Meristiana S  
3113030017

JUDDUL GAMBAR

DENAH PELAT BALOK LANTAI 3

SKALA

KODE GAMBAR

1:150

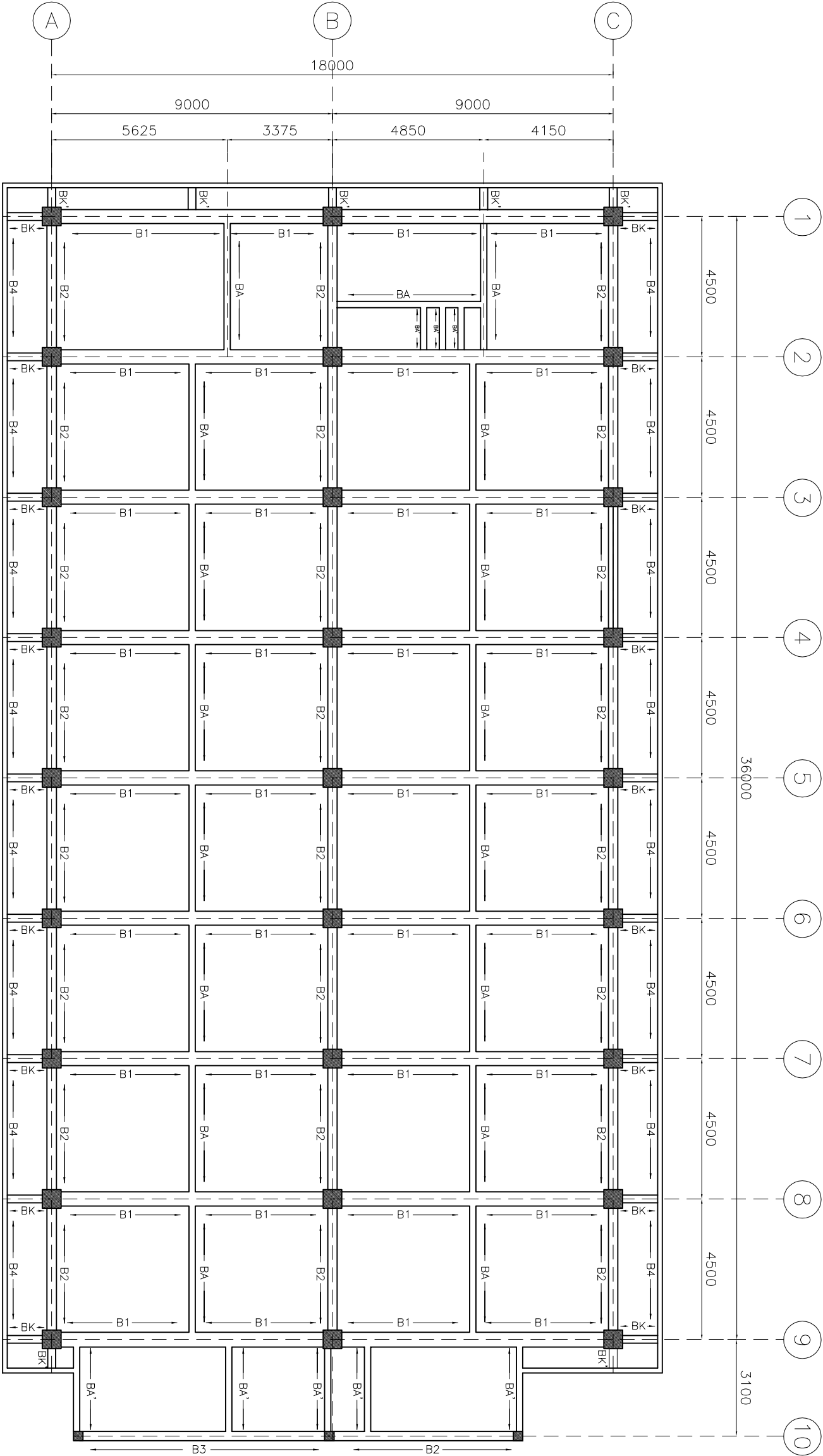
STR

NOMOR GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

14

44

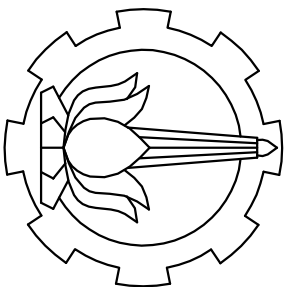


DENAH PELAT DAN BALOK LANTAI 3

SKALA 1 : 150

TYPE	LY	LX	LY/LX	ARAH
S1	4.50	4.50	1.00	DUA ARAH
S2	5.13	4.50	1.14	DUA ARAH
S3	4.50	3.87	1.16	DUA ARAH
S4	4.50	4.15	1.08	DUA ARAH
S5	4.85	2.83	1.71	DUA ARAH
S6	4.50	3.10	1.45	DUA ARAH
S7	3.42	3.10	1.10	DUA ARAH
S8	3.27	3.10	1.05	DUA ARAH
S9	3.70	3.10	1.19	DUA ARAH
S10	2.93	1.67	1.75	DUA ARAH
S11	3.10	1.08	2.87	SATU ARAH
S12	3.10	1.23	2.52	SATU ARAH
S13	4.50	1.50	3.00	SATU ARAH
S14	4.50	1.00	4.50	SATU ARAH

TYPE	NAMA BALOK	DIMENSI
B1	BALOK INDUK MEMANJANG	450 X 650
B2	BALOK INDUK MELINTANG	300 X 450
B3	BALOK SAMPIING TANGGA	300 X 600
B4	BALOK USPLANG	150 X 300
BA	BALOK ANAK	200 X 400
BA'	BALOK ANAK	200 X 300
BK	BALOK KANTILEVER	250 X 500
BK'	BALOK KANTILEVER	250 X 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF
-----	------------	-------

--	--	--

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
-------------	--------------

Zainul Abidin  
3113030002  
  
Nova Meristiana S  
3113030017

JUDDUL GAMBAR

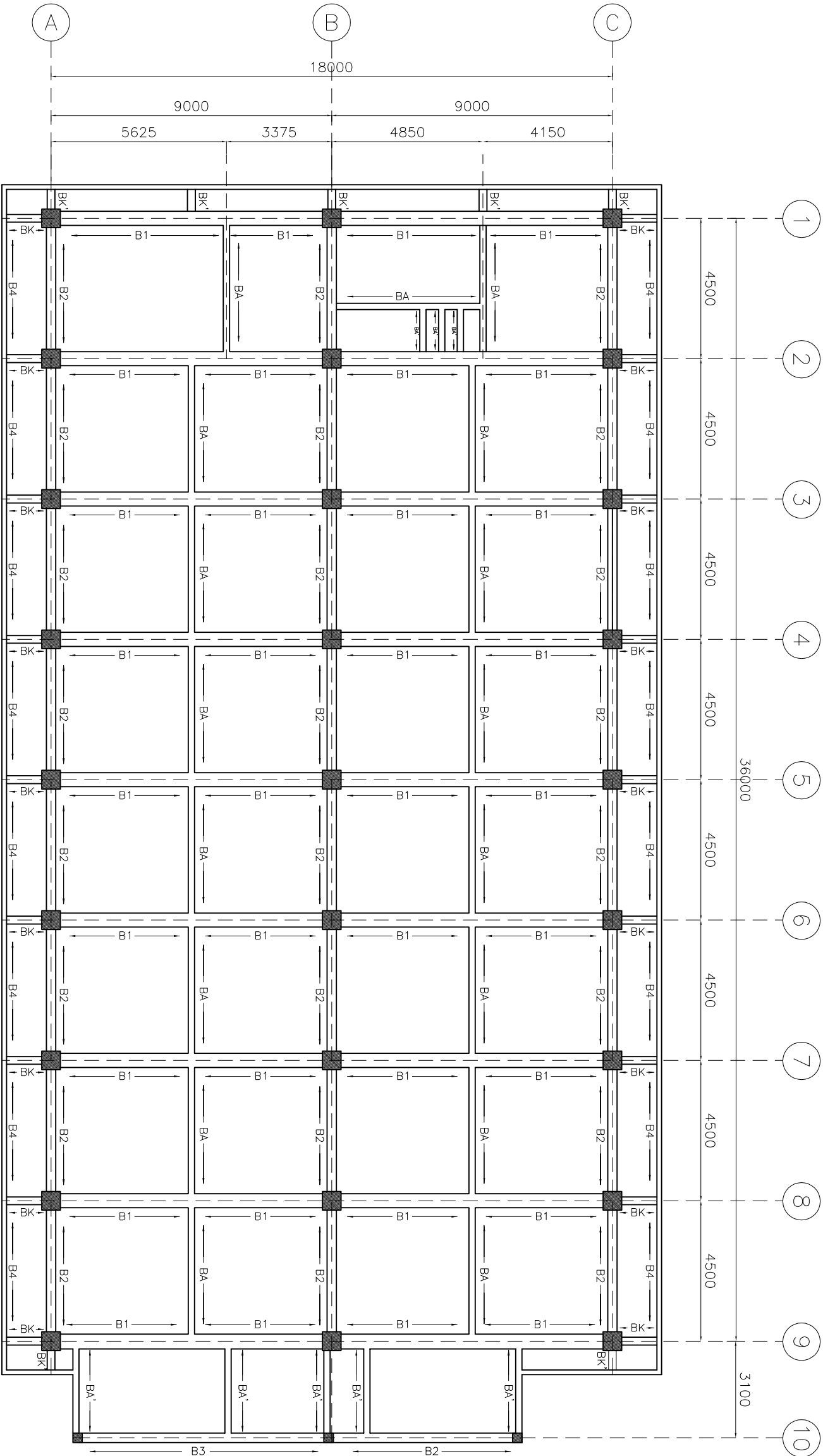
DENAH PELAT DAN BALOK LANTAI 4

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:150STR

NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------	---------------

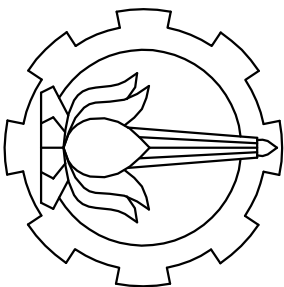
1544



DENAH PELAT DAN BALOK LANTAI 4  
SKALA 1 : 150

TYPE	LY	LX	LY/LX	ARAH
S1	4.50	4.50	1.00	DUA ARAH
S2	5.13	4.50	1.14	DUA ARAH
S3	4.50	3.87	1.16	DUA ARAH
S4	4.50	4.15	1.08	DUA ARAH
S5	4.85	2.83	1.71	DUA ARAH
S6	4.50	3.10	1.45	DUA ARAH
S7	3.42	3.10	1.10	DUA ARAH
S8	3.27	3.10	1.05	DUA ARAH
S9	3.70	3.10	1.19	DUA ARAH
S10	2.93	1.67	1.75	DUA ARAH
S11	3.10	1.08	2.87	SATU ARAH
S12	3.10	1.23	2.52	SATU ARAH
S13	450	1.50	3.00	SATU ARAH
S14	450	1.00	4.50	SATU ARAH

TYPE	NAMA BALOK	DIMENSI
B1	BALOK INDUK MEWANGIANG	450 X 650
B2	BALOK INDUK MELINTANG	300 X 450
B3	BALOK SAMPIING TANGGA	150 X 600
B4	BALOK USPLANG	300 X 300
BA	BALOK ANAK	200 X 400
BA'	BALOK ANAK	200 X 300
BK	BALOK KANTILEVER	250 X 500
BK'	BALOK KANTILEVER	250 X 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF
-----	------------	-------

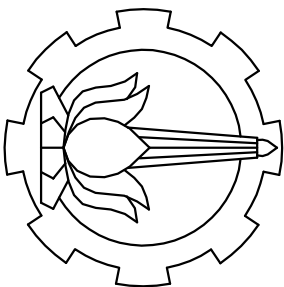
DOSEN PEMBIMBING	
------------------	--

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDDUL GAMBAR
---------------

DENAH PELAT DAN BALOK LANTAI ATAP	
SKALA	KODE GAMBAR
1:150	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
16	44



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

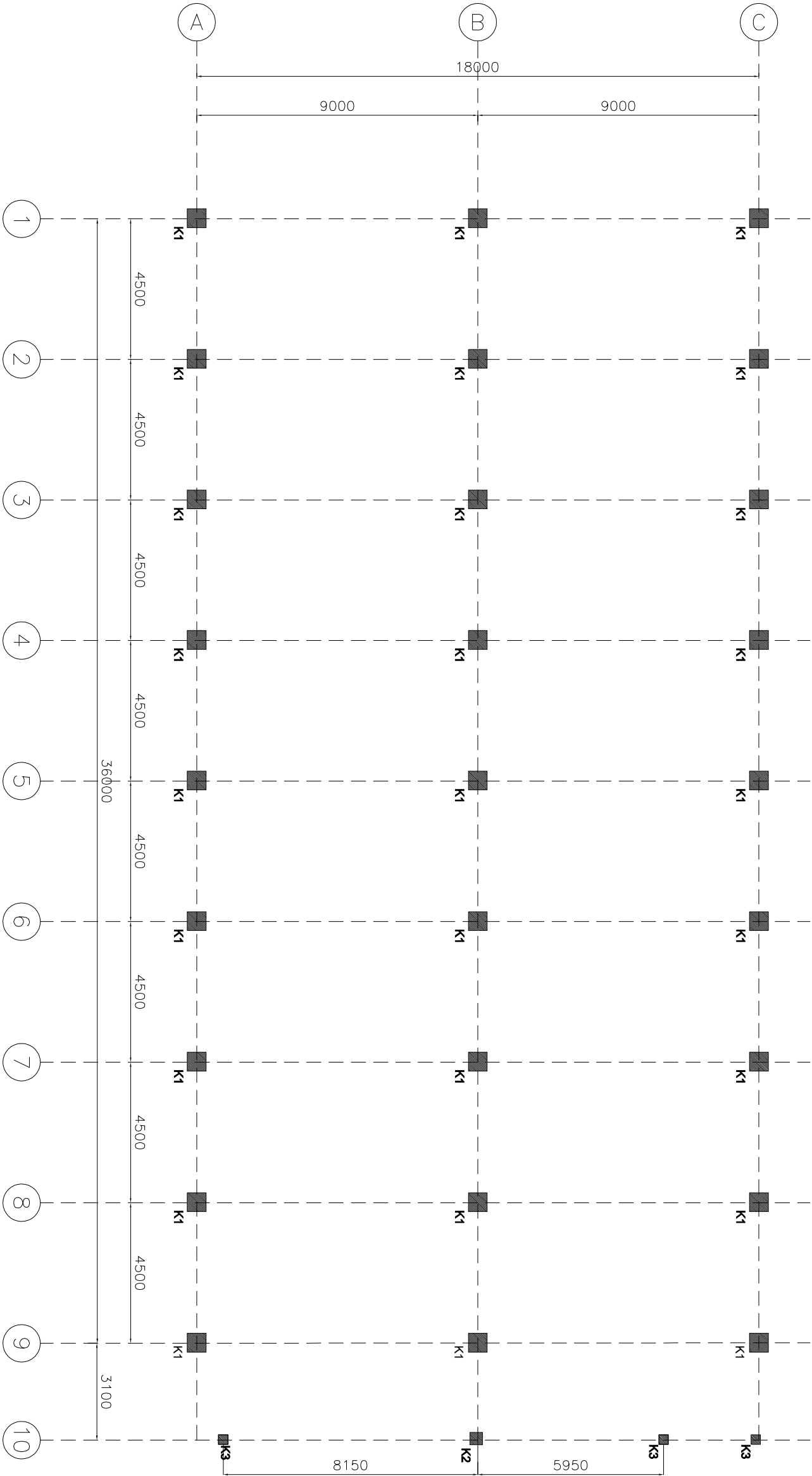
MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUUDUL GAMBAR

DENAHKOLOMLANTAI I

SKALA	KODE GAMBAR
1:150	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

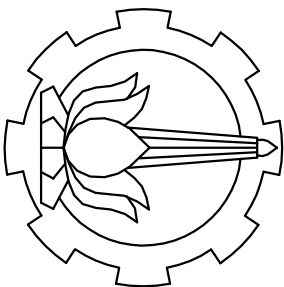
17	44
----	----



DENAH KOLOM LANTAI 1

SKALA 1 : 150

TYPE	DIMENSI
K1	600 X 600
K2	400 X 400
K3	300 X 300
KA	400 X 400



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

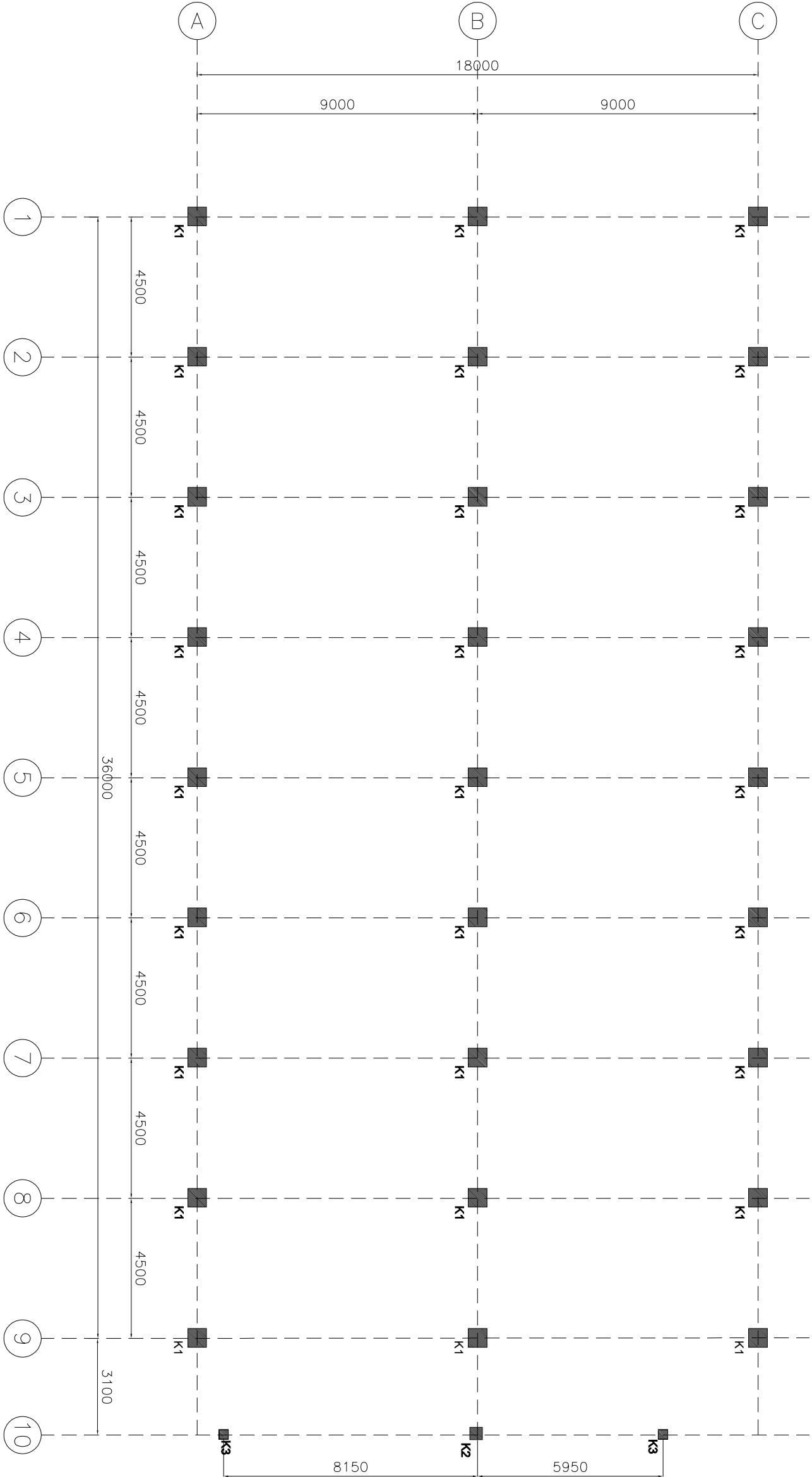
MAHASISWA I	MAHASISWA II
-------------	--------------

Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
-----------------------------	---------------------------------

JUDDUL GAMBAR

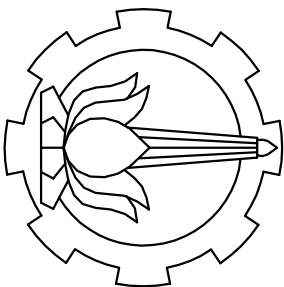
DENAHKOLOMLANTAI 2

TYPE	DIMENSI
K1	600 X 600
K2	400 X 400
K3	300 X 300
KA	400 X 400



DENAH KOLOM LANTAI 2  
SKALA 1 : 150

SKALA	KODE GAMBAR
1:150	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
18	44



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF
-----	------------	-------

--	--	--

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

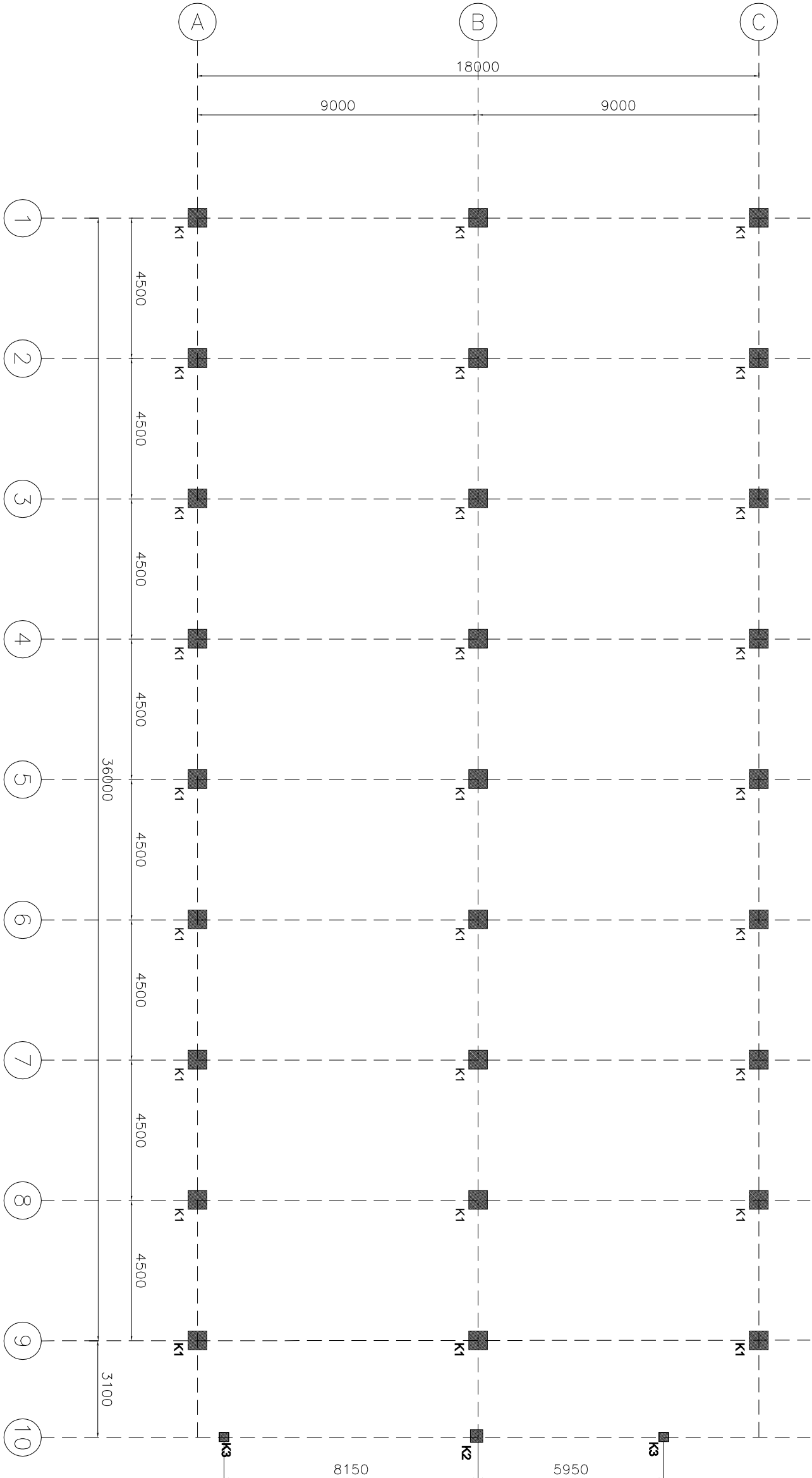
MAHASISWA I	MAHASISWA II
-------------	--------------

Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
-----------------------------	---------------------------------

JUDDUL GAMBAR

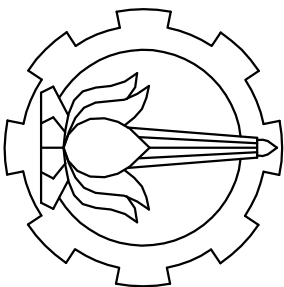
DENAH KOLOMLANTAI 3

TYPE	DIMENSI
K1	600 X 600
K2	400 X 400
K3	300 X 300
KA	400 X 400



DENAH KOLOM LANTAI 3  
SKALA 1 : 150

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL BANGUNAN GEDUNG	
JUDDUL TUGAS AKHIR	
PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA) DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)	
NO.	PARAF
DOSEN PEMBIMBING	
Ir. Boedi Wibowo, CES NIP : 19530424 198203 1 002	
MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
JUDDUL GAMBAR	
DENAH KOLOMLANTAI 3	
SKALA	KODE GAMBAR
1:150	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
19	44



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

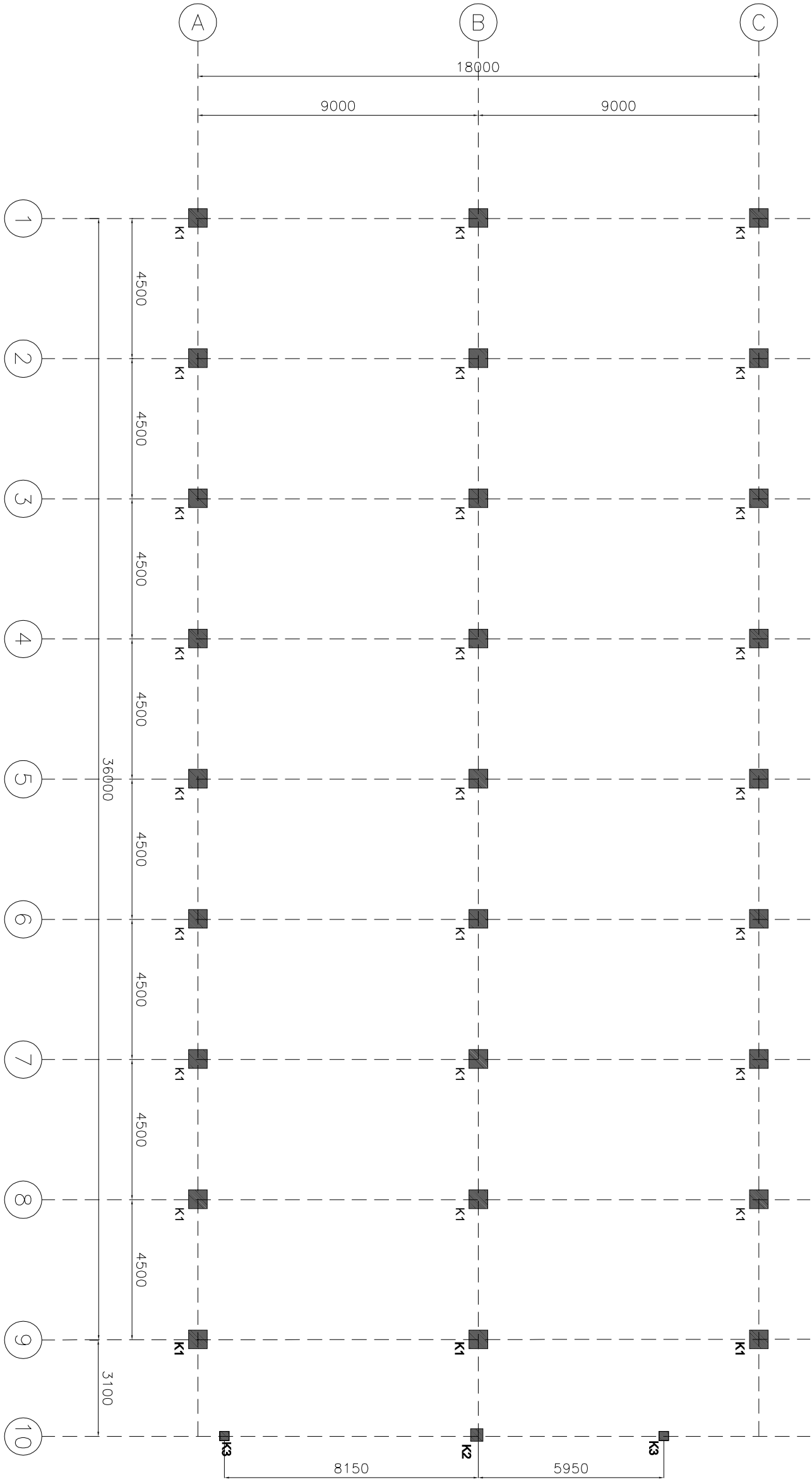
MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LANTAI 4

SKALA	KODE GAMBAR
1:150	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

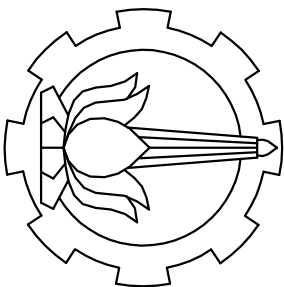
20	44
----	----



DENAH KOLOM LANTAI 4

SKALA 1 : 150

TYPE	DIMENSI
K1	600 X 600
K2	400 X 400
K3	300 X 300
KA	400 X 400



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

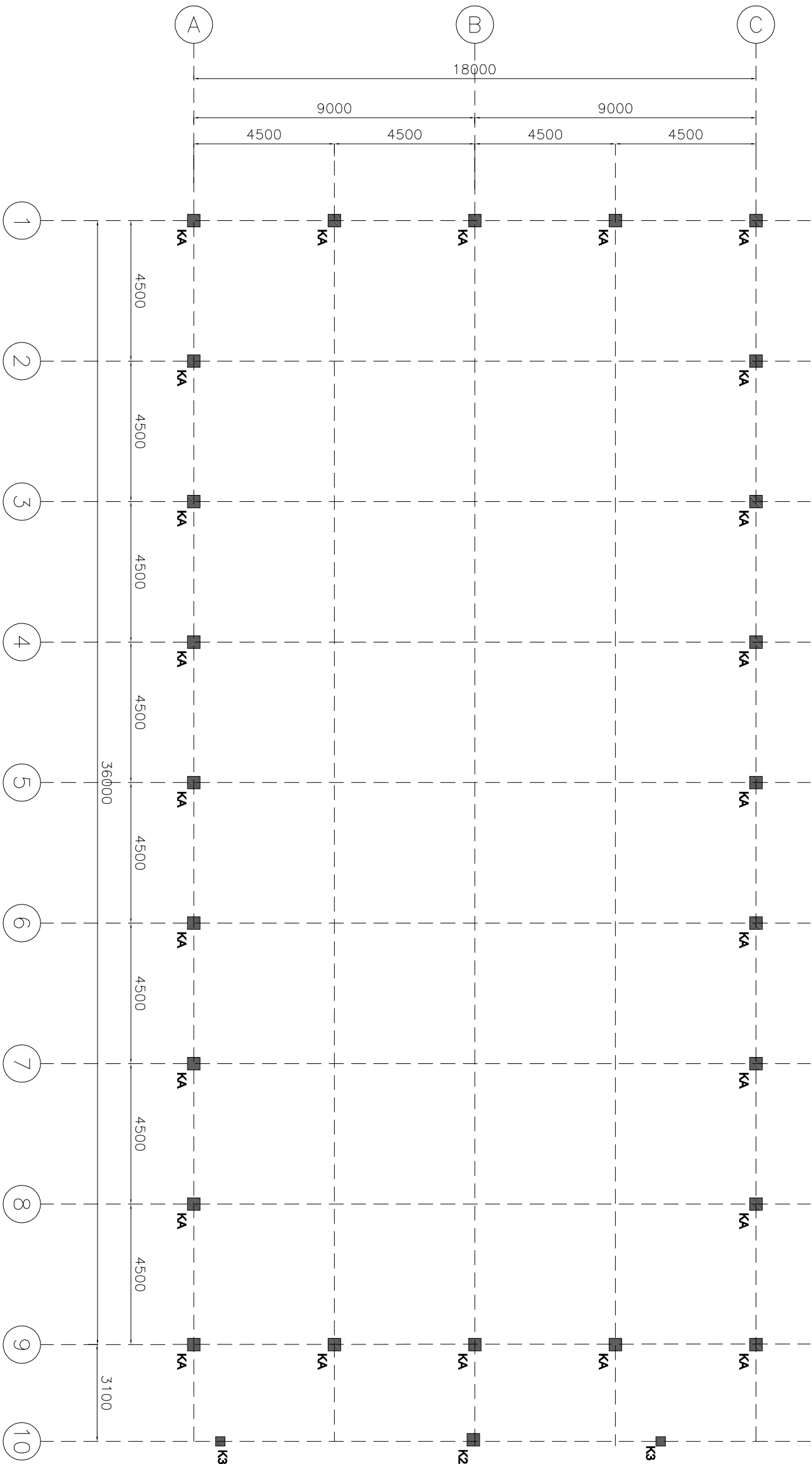
JUUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING		
Ir. Boedi Wibowo, CES NIP : 19530424 198203 1 002		
MAHASISWA I	MAHASISWA II	
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017	
JUDUL GAMBAR		

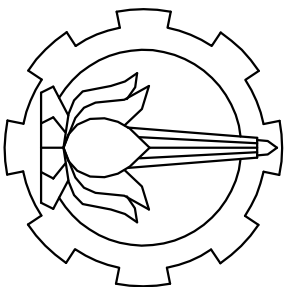
DENAH KOLOM LANTAI ATAP		
SKALA	KODE GAMBAR	
1:150	STR	
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR	
21	44	



DENAH KOLOM LANTAI ATAP  
SKALA 1 : 150

TYPE	DIMENSI
K1	600 X 600
K2	400 X 400
K3	300 X 300
KA	400 X 400





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF
-----	------------	-------

DOSEN PEMBIMBING		
------------------	--	--

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDDUL GAMBAR



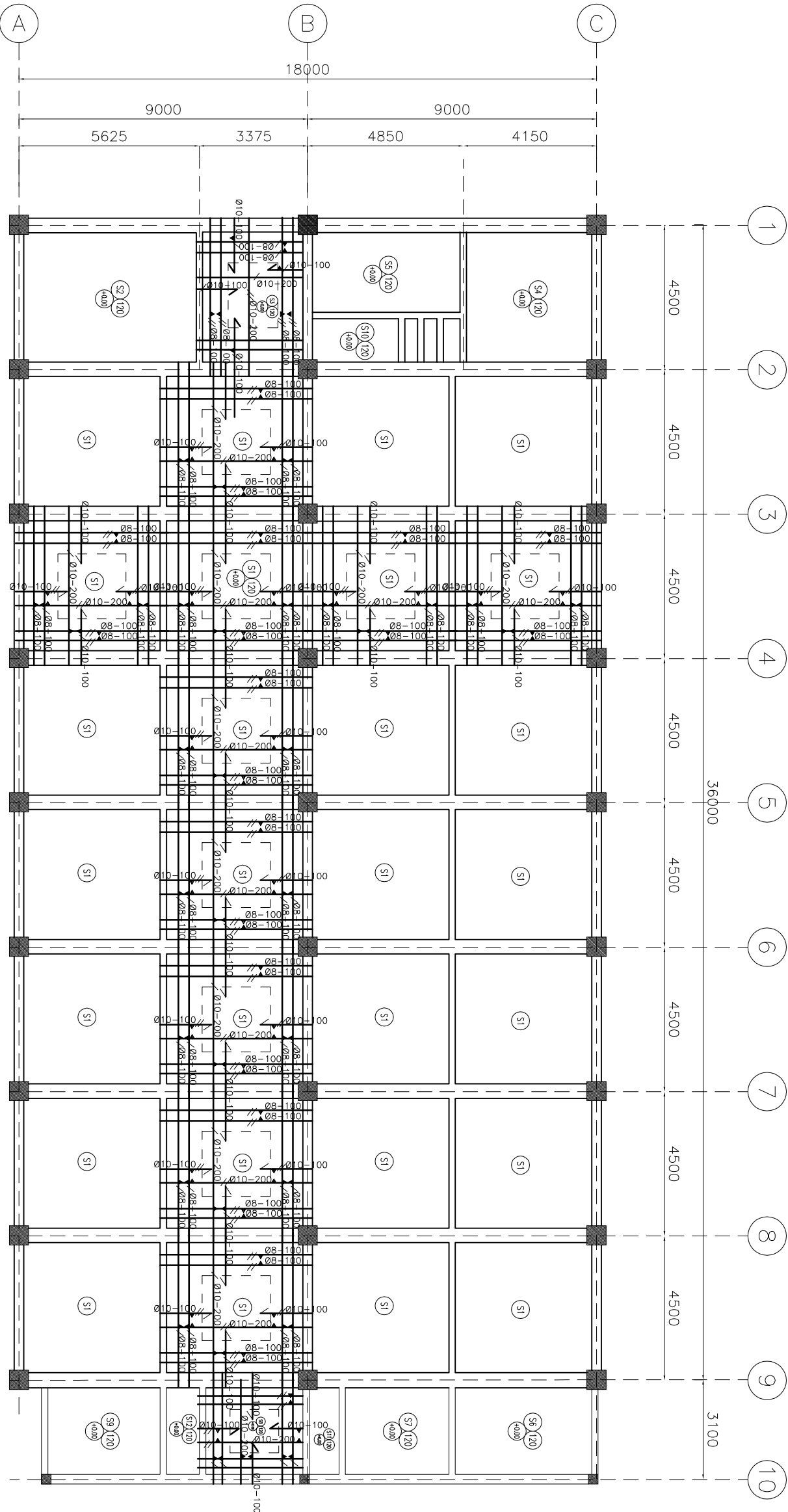
PENULANGAN PELAT LANTAI I

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:150STR

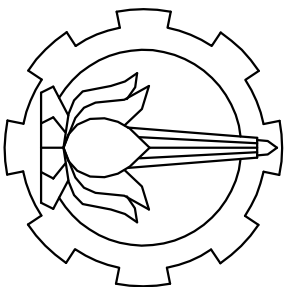
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------	---------------

22	44
----	----



PENULANGAN PELAT LANTAI 1  
SKALA 1 : 150

TYPE	LY	LX	TUMP X	TUMP Y	LAP X	LAP Y	SUSUT X	SUSUT Y	TYPE
	m	m							
1	4.50	4.50	Ø 10 –100	Ø 10 –100	Ø 10 –200	Ø 10 –200	Ø 8 –200	Ø 8 –200	DUA ARAH
2	5.13	4.50	Ø 10 –100	Ø 10 –100	Ø 10 –200	Ø 10 –200	Ø 8 –200	Ø 8 –200	DUA ARAH
3	4.50	3.87	Ø 10 –100	Ø 10 –100	Ø 10 –200	Ø 10 –200	Ø 8 –200	Ø 8 –200	DUA ARAH
4	4.50	4.15	Ø 10 –100	Ø 10 –100	Ø 10 –200	Ø 10 –200	Ø 8 –200	Ø 10 –200	DUA ARAH
5	4.85	2.83	Ø 10 –100	Ø 10 –100	Ø 10 –200	Ø 10 –200	Ø 8 –200	Ø 8 –200	DUA ARAH
6	4.50	3.10	Ø 10 –100	Ø 10 –100	Ø 10 –200	Ø 10 –200	Ø 8 –200	Ø 10 –200	DUA ARAH
7	3.42	3.10	Ø 10 –100	Ø 10 –100	Ø 10 –200	Ø 10 –200	Ø 8 –200	Ø 10 –200	DUA ARAH
8	3.27	3.10	Ø 10 –100	Ø 10 –100	Ø 10 –200	Ø 10 –200	Ø 8 –200	Ø 10 –200	DUA ARAH
9	3.70	3.10	Ø 10 –100	Ø 10 –100	Ø 10 –200	Ø 10 –200	Ø 8 –200	Ø 10 –200	DUA ARAH
10	2.93	1.67	Ø 10 –100	Ø 10 –100	Ø 10 –200	Ø 10 –200	Ø 8 –200	Ø 8 –200	DUA ARAH
11	3.10	1.08	Ø 10 –100	-	Ø 10 –200	-	Ø 8 –200	-	SATU ARAH
12	3.10	1.23	Ø 10 –100	-	Ø 10 –200	-	Ø 8 –200	-	SATU ARAH
13	4.50	1.50	Ø 10 –100	-	Ø 10 –200	-	Ø 8 –200	-	SATU ARAH
14	4.50	1.00	Ø 10 –100	-	Ø 10 –200	-	Ø 8 –200	-	SATU ARAH



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF
-----	------------	-------

DOSEN PEMBIMBING		
------------------	--	--

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDDUL GAMBAR

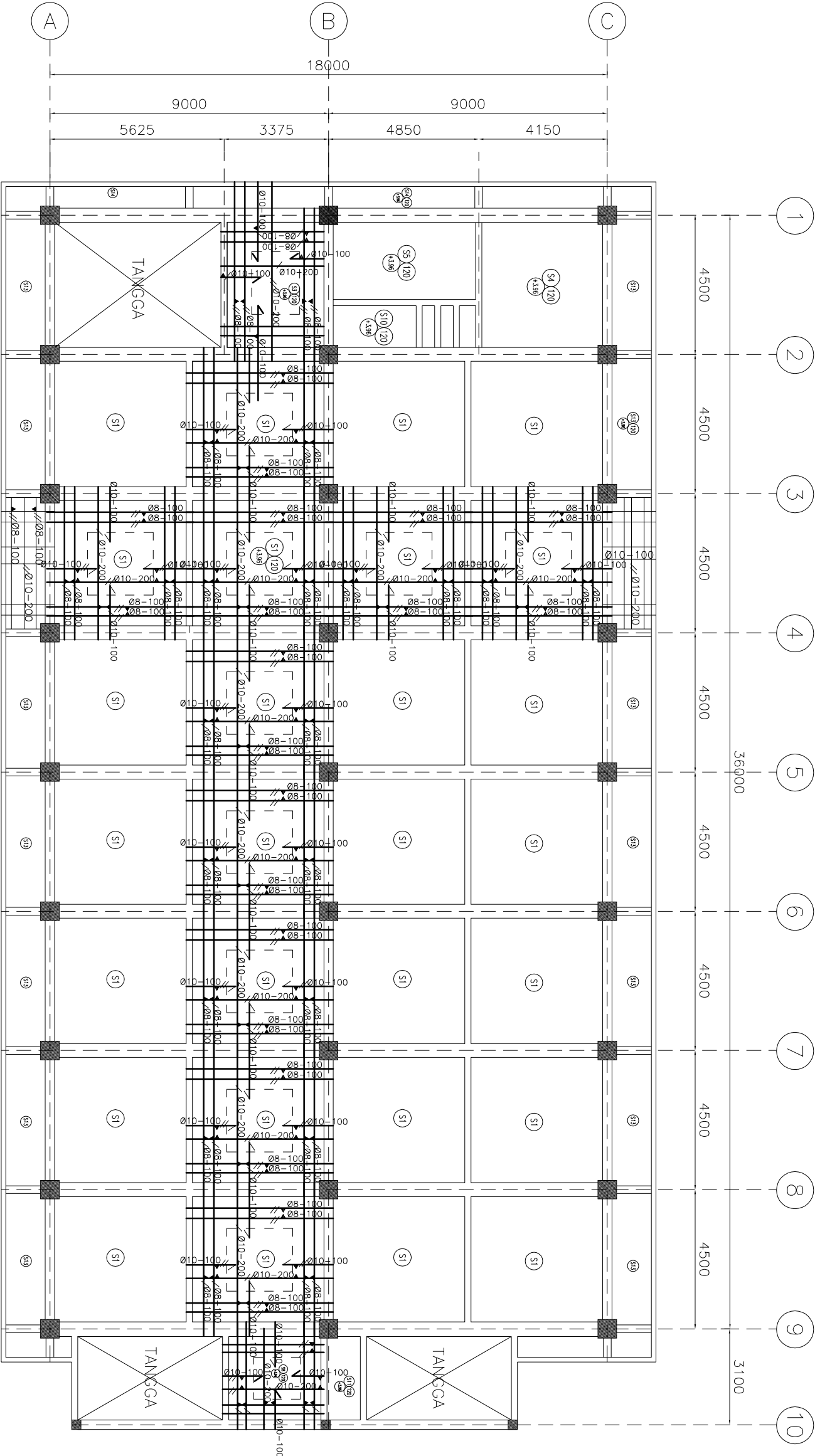
PENULANGAN PELAT LANTAI 2

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

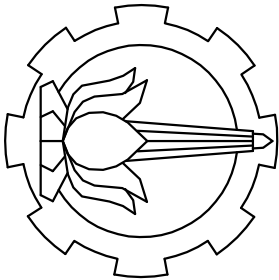
1:150  
STR

NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------	---------------

23	44
----	----



PENULANGAN PELAT LANTAI 2  
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

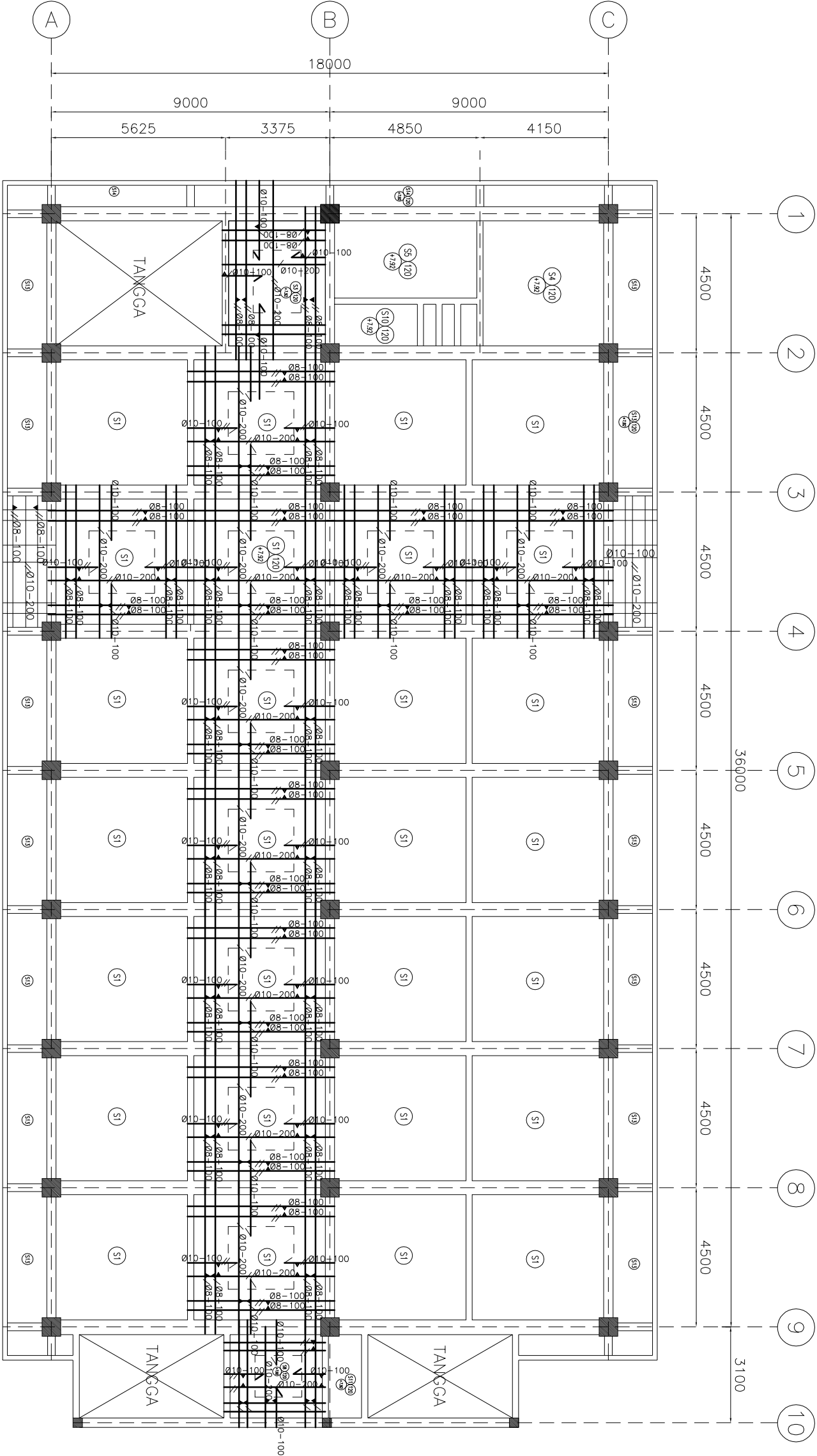
DOSEN PEMBIMBING

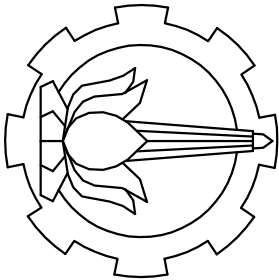
Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT LANTAI 3	
SKALA	KODE GAMBAR
1:150	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
24	44





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDUL GAMBAR

TYPE	LY	LX	TUMP X	TUMP Y	LAP X	LAP Y	SUSUT X	SUSUT Y	TYPE
	m	m							
1	4.50	4.50	Ø 10 – 100	Ø 10 – 100	Ø 10 – 200	Ø 10 – 200	Ø 8 – 200	Ø 8 – 200	DUA ARAH
2	5.13	4.50	Ø 10 – 100	Ø 10 – 100	Ø 10 – 200	Ø 10 – 200	Ø 8 – 200	Ø 8 – 200	DUA ARAH
3	4.50	3.87	Ø 10 – 100	Ø 10 – 100	Ø 10 – 200	Ø 10 – 200	Ø 8 – 200	Ø 8 – 200	DUA ARAH
4	4.50	4.15	Ø 10 – 100	Ø 10 – 100	Ø 10 – 200	Ø 10 – 200	Ø 8 – 200	Ø 10 – 200	DUA ARAH
5	4.85	2.83	Ø 10 – 100	Ø 10 – 100	Ø 10 – 200	Ø 10 – 200	Ø 8 – 200	Ø 8 – 200	DUA ARAH
6	4.50	3.10	Ø 10 – 100	Ø 10 – 100	Ø 10 – 200	Ø 10 – 200	Ø 8 – 200	Ø 10 – 200	DUA ARAH
7	3.42	3.10	Ø 10 – 100	Ø 10 – 100	Ø 10 – 200	Ø 10 – 200	Ø 8 – 200	Ø 10 – 200	DUA ARAH
8	3.27	3.10	Ø 10 – 100	Ø 10 – 100	Ø 10 – 200	Ø 10 – 200	Ø 8 – 200	Ø 10 – 200	DUA ARAH
9	3.70	3.10	Ø 10 – 100	Ø 10 – 100	Ø 10 – 200	Ø 10 – 200	Ø 8 – 200	Ø 10 – 200	DUA ARAH
10	2.93	1.67	Ø 10 – 100	Ø 10 – 100	Ø 10 – 200	Ø 10 – 200	Ø 8 – 200	Ø 8 – 200	DUA ARAH
11	3.10	1.08	Ø 10 – 100	-	Ø 10 – 200	-	Ø 8 – 200	-	SATU ARAH
12	3.10	1.23	Ø 10 – 100	-	Ø 10 – 200	-	Ø 8 – 200	-	SATU ARAH
13	4.50	1.50	Ø 10 – 100	-	Ø 10 – 200	-	Ø 8 – 200	-	SATU ARAH
14	4.50	1.00	Ø 10 – 100	-	Ø 10 – 200	-	Ø 8 – 200	-	SATU ARAH

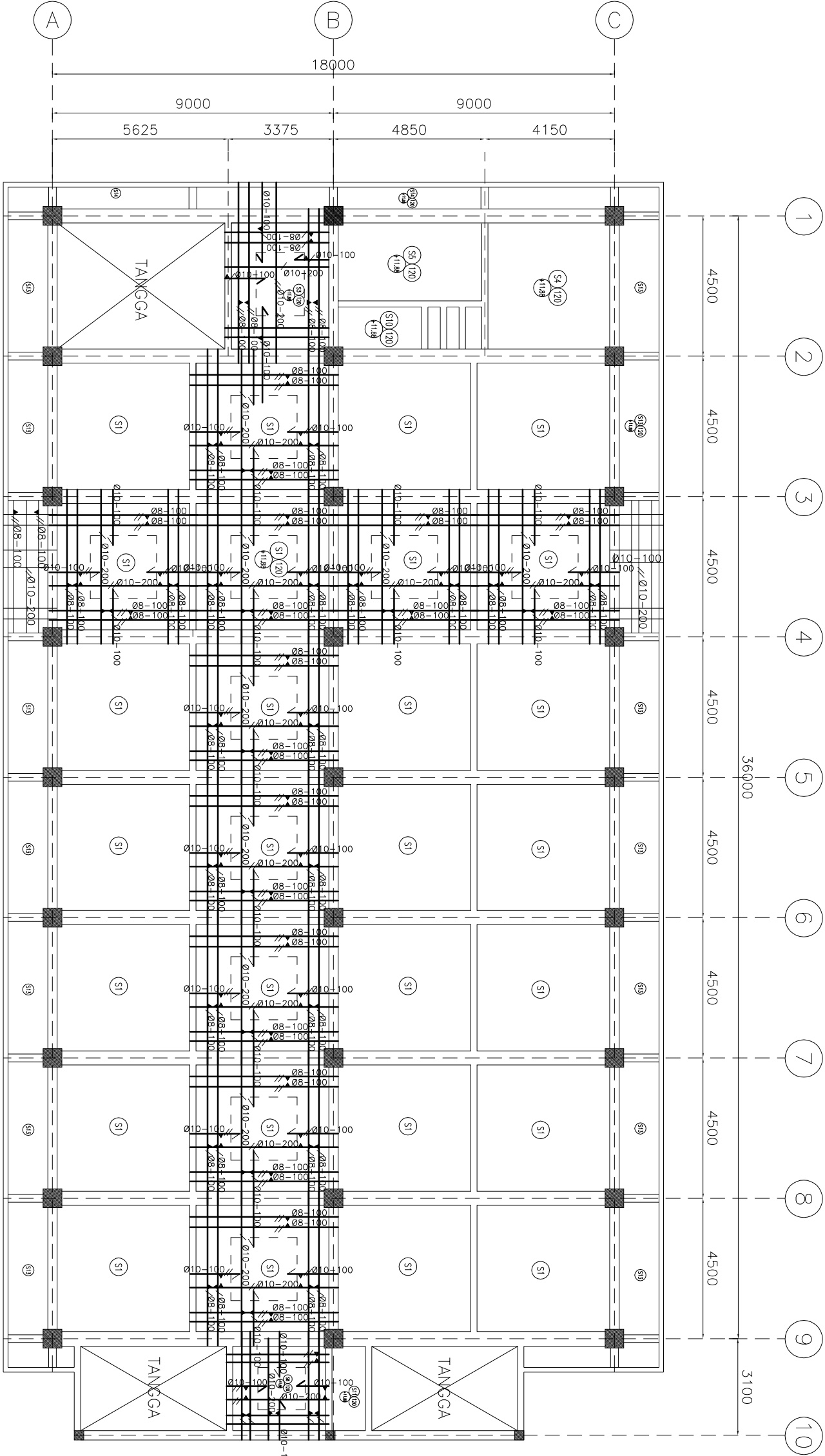
PENULANGAN PELAT LANTAI 4

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

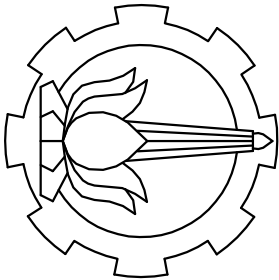
1:150 STR

NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------	---------------

25 44



PENULANGAN PELAT LANTAI 4  
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMIM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

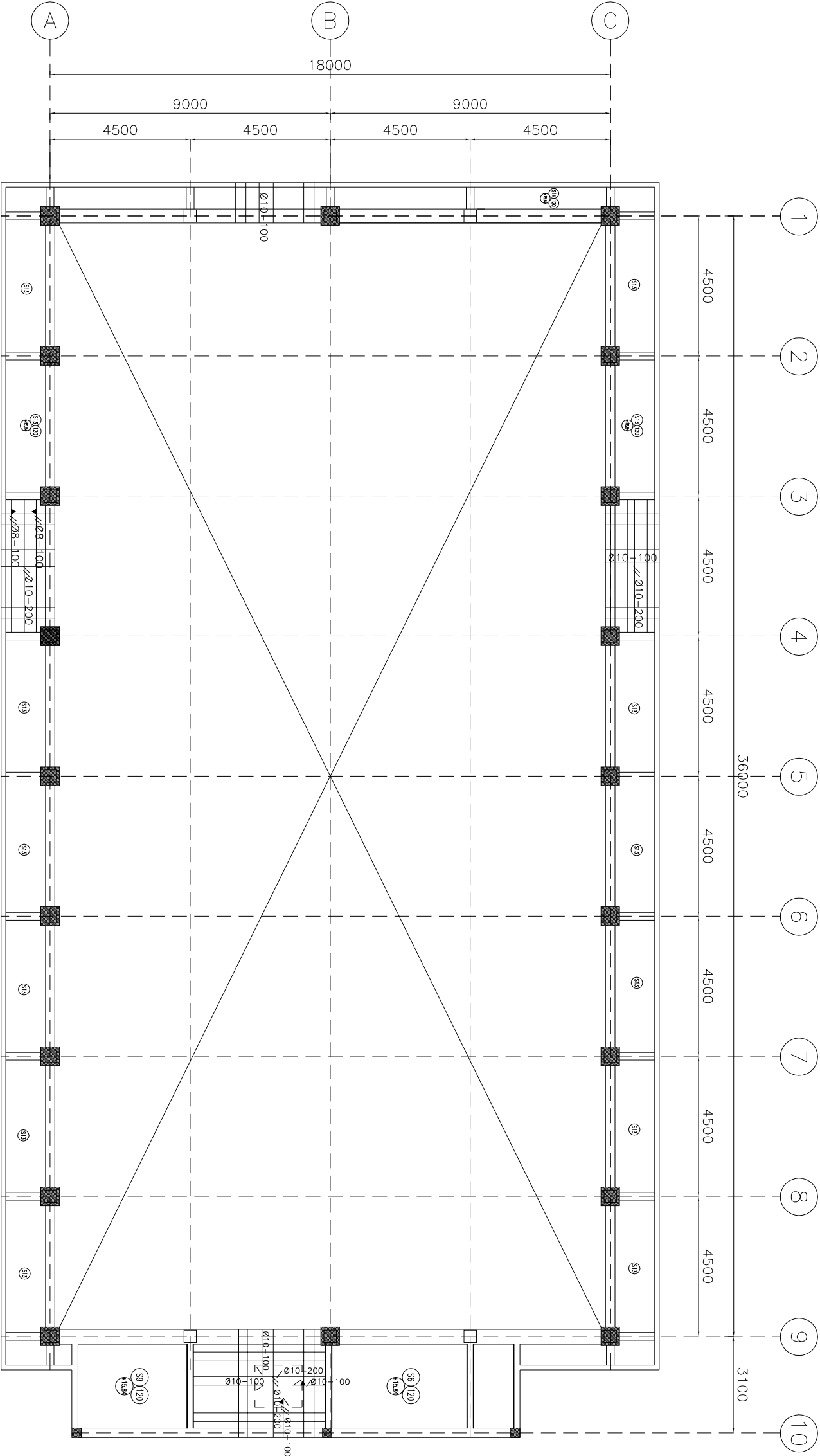
MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

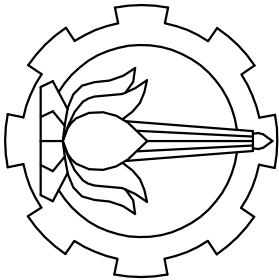
JUDUL GAMBAR

TYPE	LY	LX	TUMP X	TUMP Y	LAP X	LAP Y	SUSUT X	SUSUT Y	TYPE
	m	m							
1	4.50	4.50	Ø 10 -100	Ø 10 -100	Ø 10 -200	Ø 10 -200	Ø 8 -200	Ø 8 -200	DUA ARAH
2	5.13	4.50	Ø 10 -100	Ø 10 -100	Ø 10 -200	Ø 10 -200	Ø 8 -200	Ø 8 -200	DUA ARAH
3	4.50	3.87	Ø 10 -100	Ø 10 -100	Ø 10 -200	Ø 10 -200	Ø 8 -200	Ø 8 -200	DUA ARAH
4	4.50	4.15	Ø 10 -100	Ø 10 -100	Ø 10 -200	Ø 10 -200	Ø 8 -200	Ø 10 -200	DUA ARAH
5	4.85	2.83	Ø 10 -100	Ø 10 -100	Ø 10 -200	Ø 10 -200	Ø 8 -200	Ø 8 -200	DUA ARAH
6	4.50	3.10	Ø 10 -100	Ø 10 -100	Ø 10 -200	Ø 10 -200	Ø 8 -200	Ø 10 -200	DUA ARAH
7	3.42	3.10	Ø 10 -100	Ø 10 -100	Ø 10 -200	Ø 10 -200	Ø 8 -200	Ø 10 -200	DUA ARAH
8	3.27	3.10	Ø 10 -100	Ø 10 -100	Ø 10 -200	Ø 10 -200	Ø 8 -200	Ø 10 -200	DUA ARAH
9	3.70	3.10	Ø 10 -100	Ø 10 -100	Ø 10 -200	Ø 10 -200	Ø 8 -200	Ø 10 -200	DUA ARAH
10	2.93	1.67	Ø 10 -100	Ø 10 -100	Ø 10 -200	Ø 10 -200	Ø 8 -200	Ø 8 -200	DUA ARAH
11	3.10	1.08	Ø 10 -100	-	Ø 10 -200	-	Ø 8 -200	-	SATU ARAH
12	3.10	1.23	Ø 10 -100	-	Ø 10 -200	-	Ø 8 -200	-	SATU ARAH
13	4.50	1.50	Ø 10 -100	-	Ø 10 -200	-	Ø 8 -200	-	SATU ARAH
14	4.50	1.00	Ø 10 -100	-	Ø 10 -200	-	Ø 8 -200	-	SATU ARAH

PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP

SKALA 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

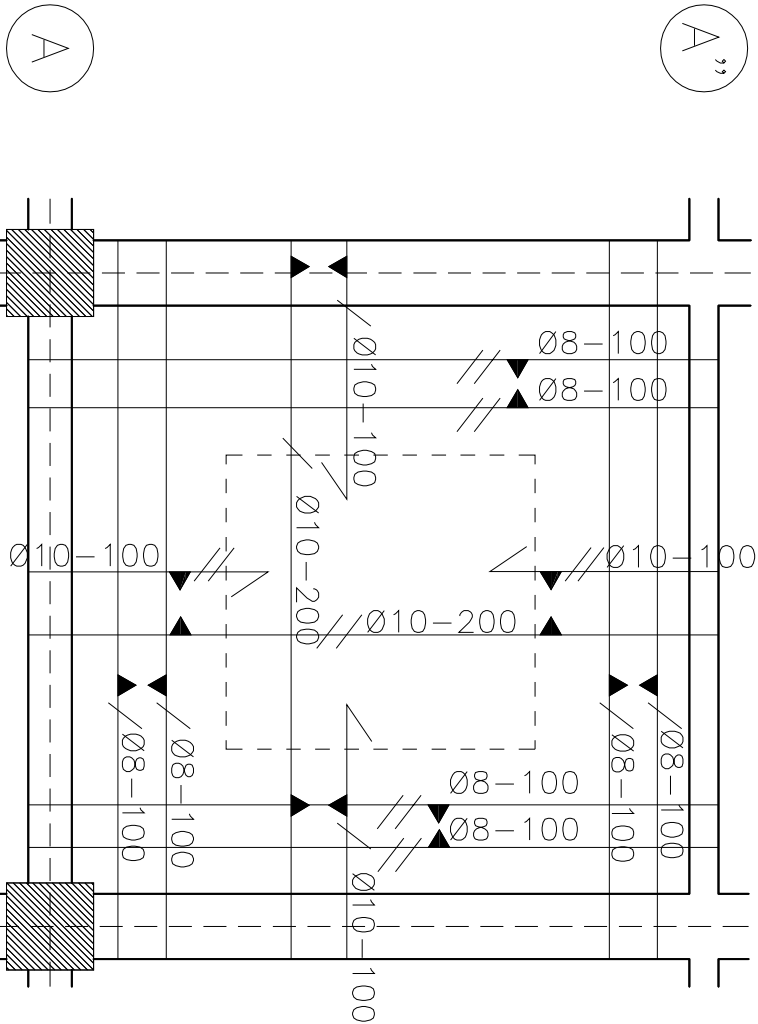
MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT

SKALA	KODE GAMBAR
1:50	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

2744

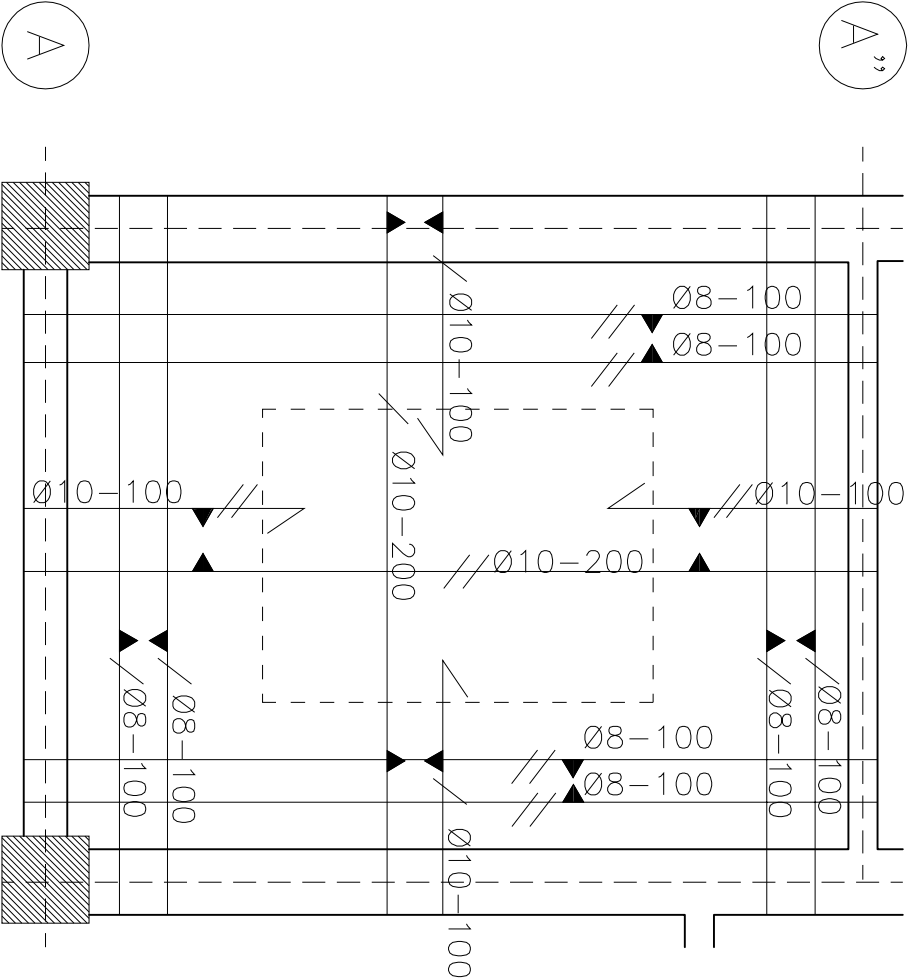


3

4

DETAIL PENULANGAN S1

SKALA 1 : 50

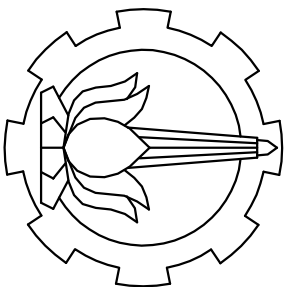


1

2

DETAIL PENULANGAN S2

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF
-----	------------	-------

--	--	--

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

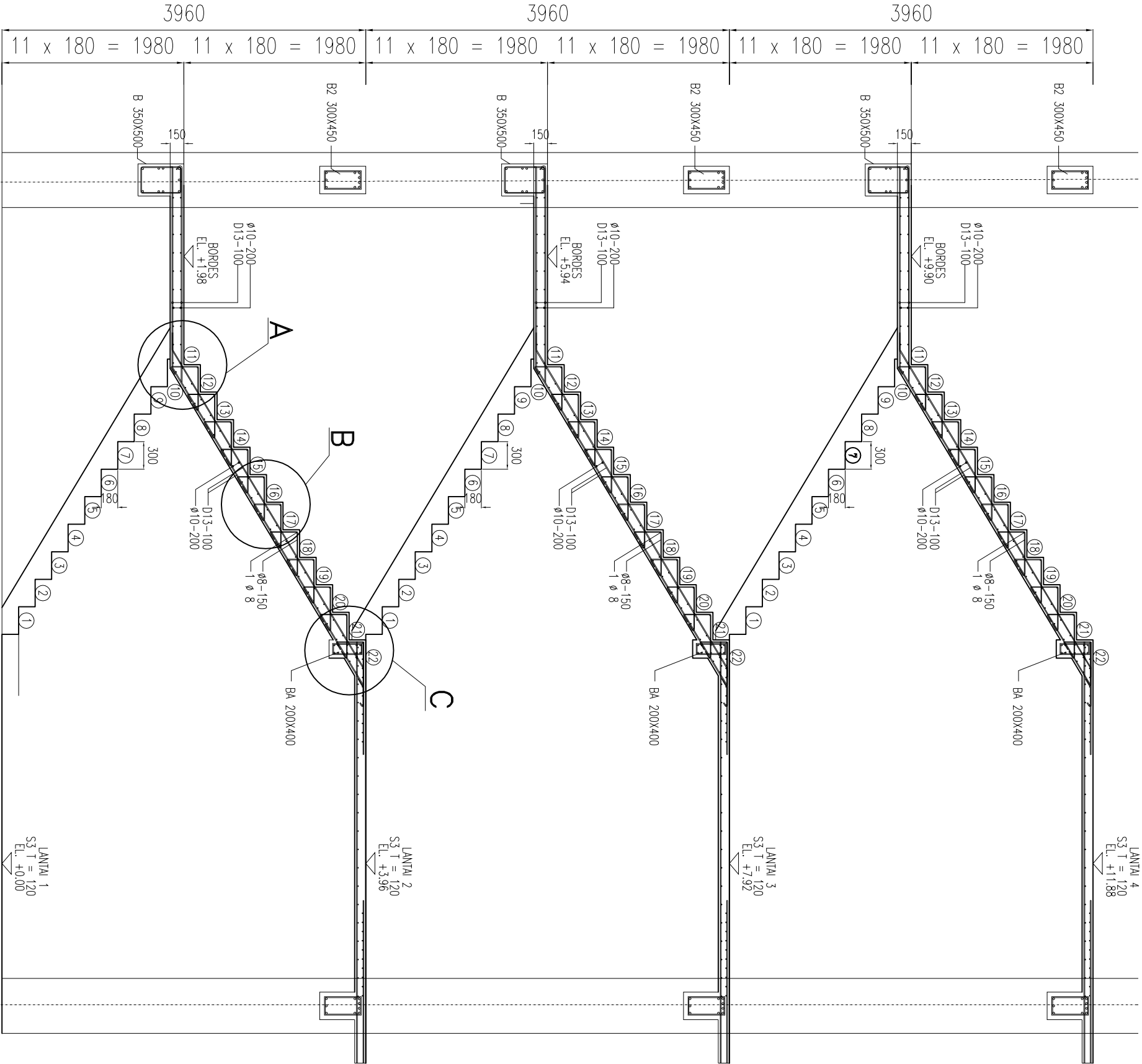
MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDDUL GAMBAR

TANGGA

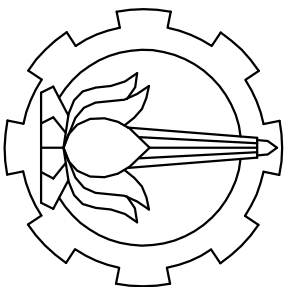
SKALA	KODE GAMBAR
1:50	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

28	44
----	----



TANGGA SIRKULASI 1

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING	
Ir. Boedi Wibowo, CES NIP : 19530424 198203 1 002	
MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDUL GAMBAR

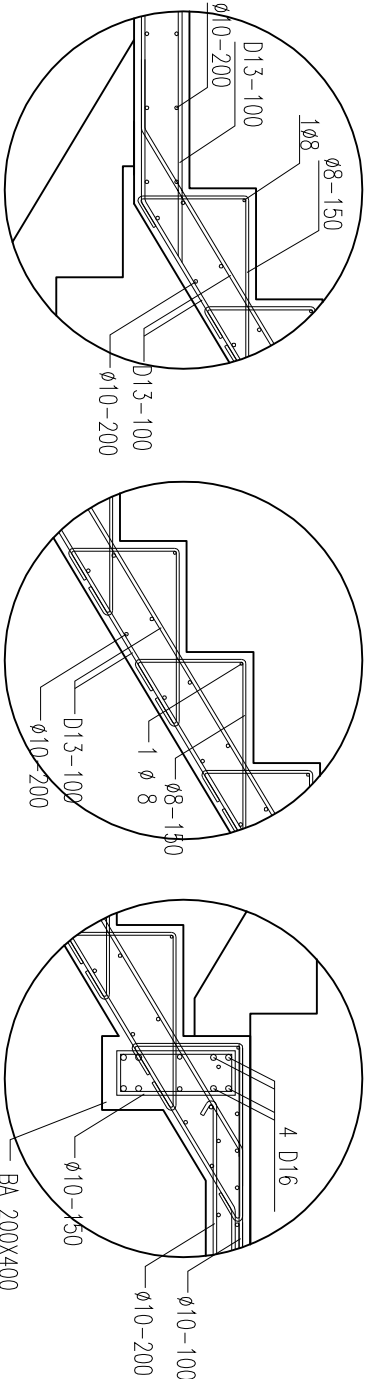
DETAIL TANGGA

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:20	STR
------	-----

NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------	---------------

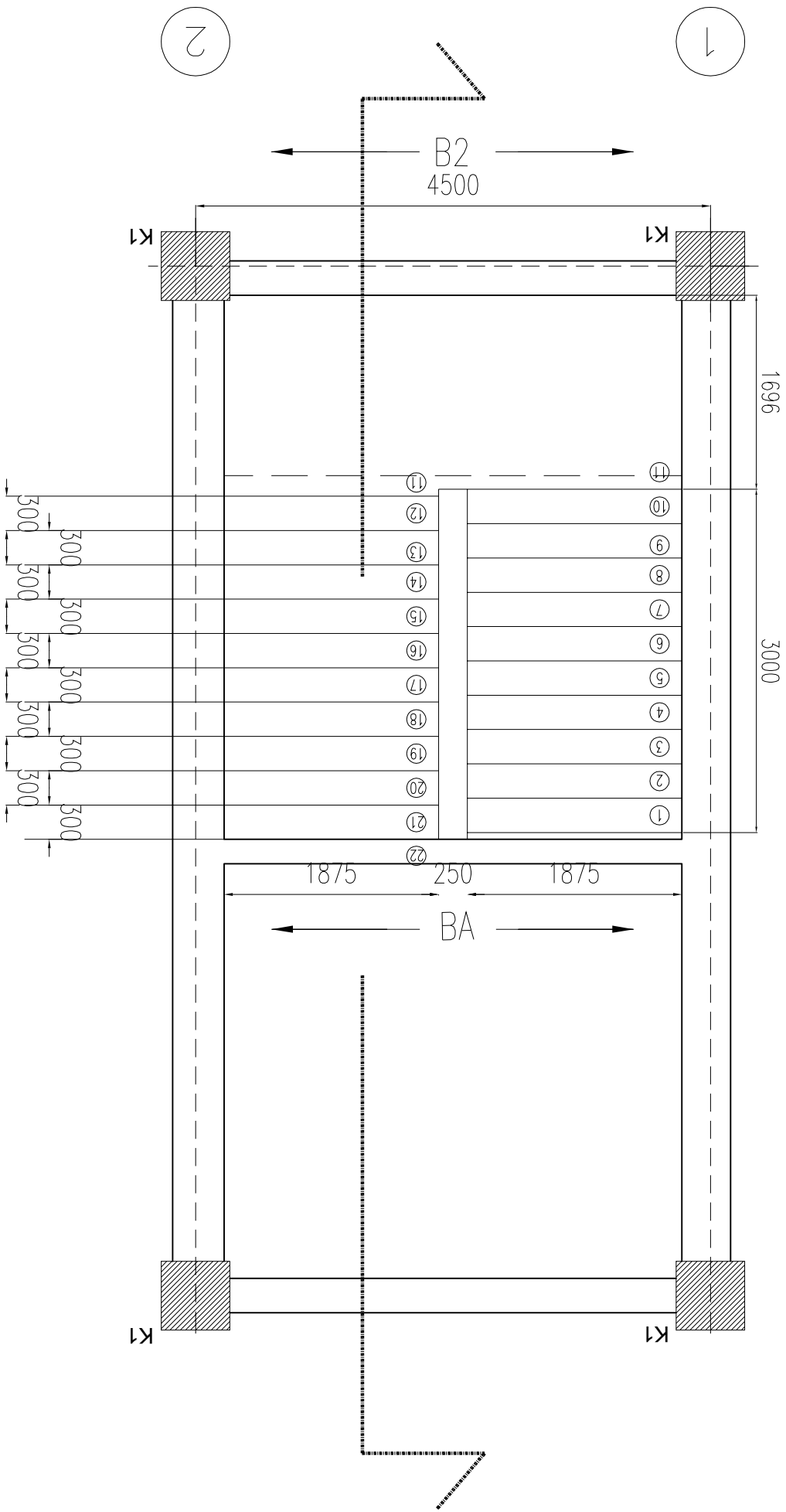
29	44
----	----



DETAIL A  
SKALA 1 : 20

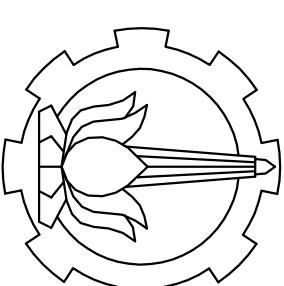
DETAIL B  
SKALA 1 : 20

DETAIL C  
SKALA 1 : 20



TANGGA SIRKULASI 1  
SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMD)

NO.	KETERANGAN	PARAF

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I

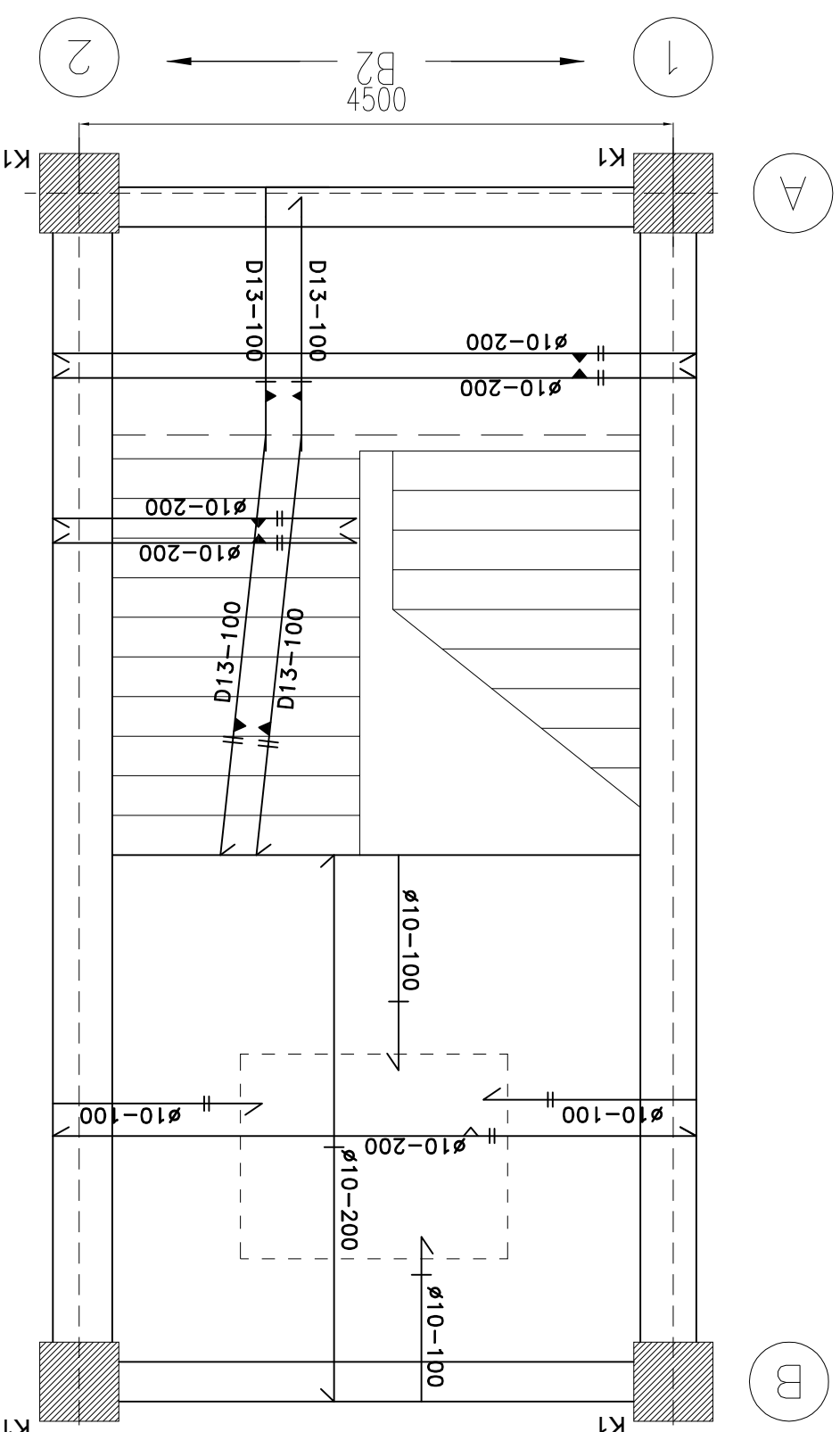
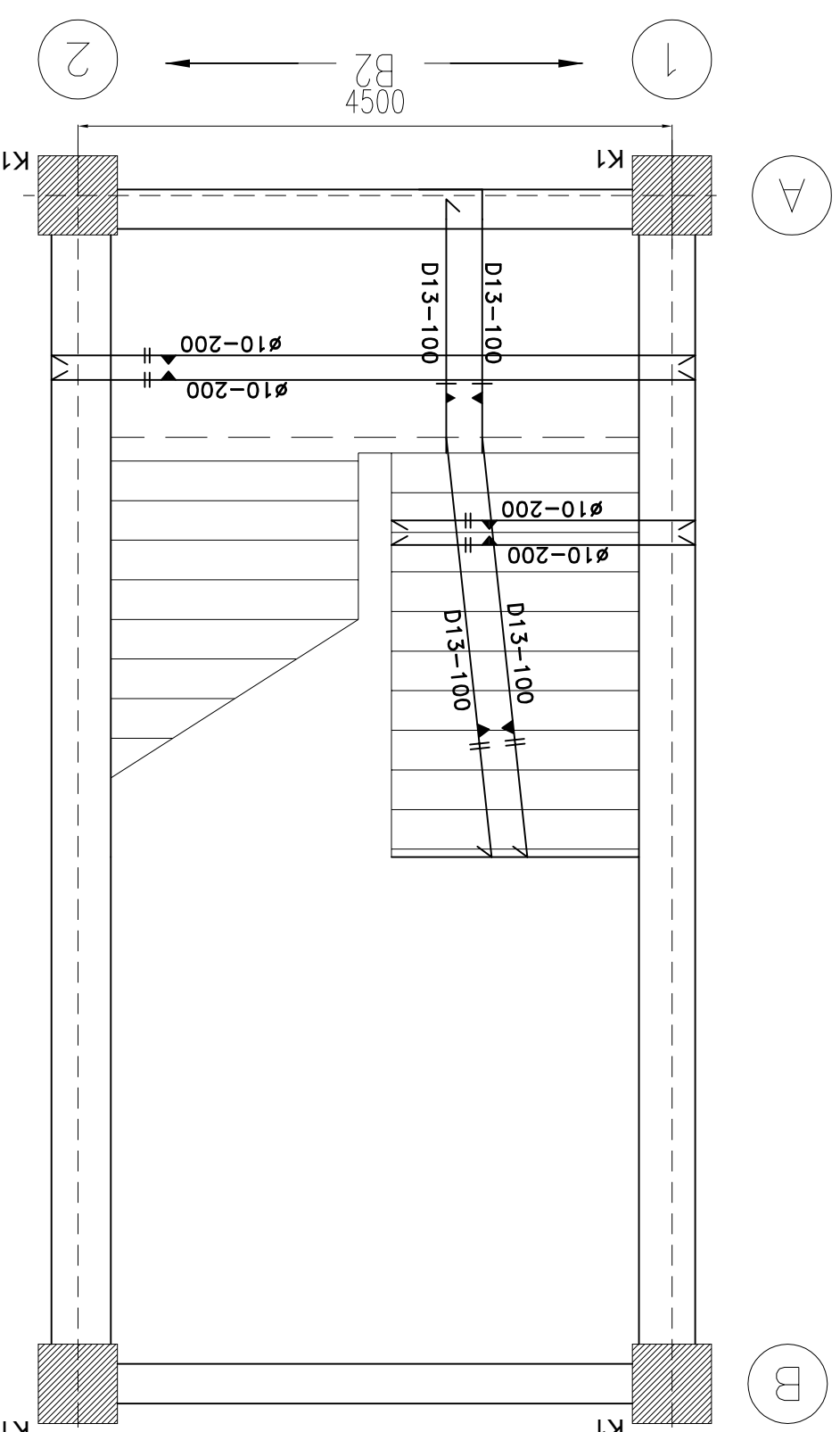
MAHASISWA II

Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
-----------------------------	---------------------------------

**JUDUL GAMBAR**

## PENULANGAN TANGGA

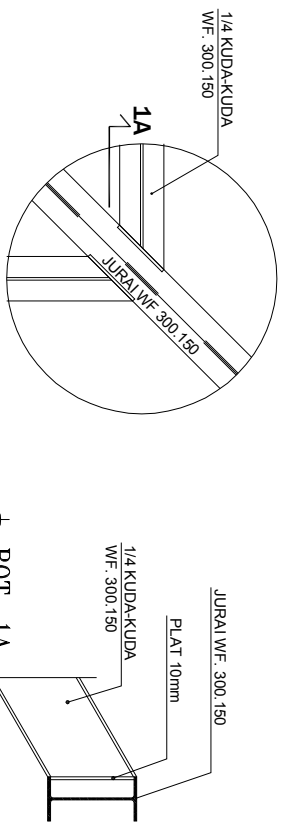
SKALA	KODE GAMBAR
1:50	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



# PENULANGAN TANGGA SIRKULASI 1

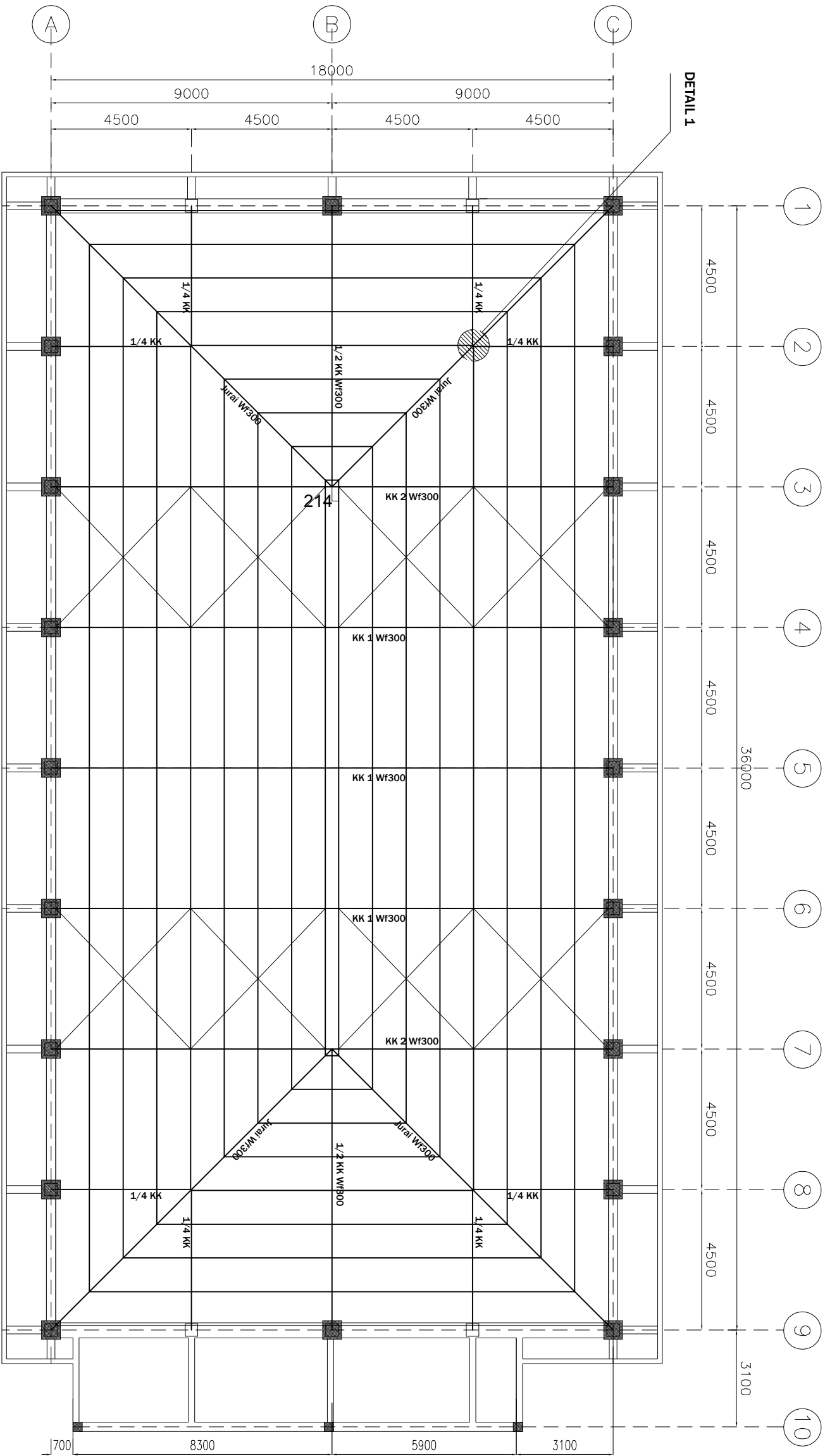
## SKALA 1 : 50

3044

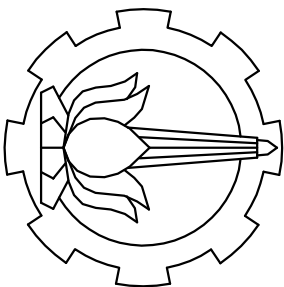


DETAIL 1  
SKALA 1 : 25

POT. 1A  
SKALA 1 : 25



DENAH ATAP  
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF
-----	------------	-------

--	--	--

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I MAHASISWA II

Zainul Abidin  
3113030002 Nova Meristiana S  
3113030017

JUDDUL GAMBAR

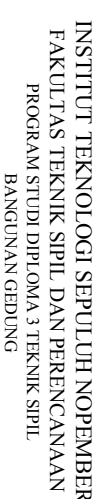
DENAH ATAP

SKALA KODE GAMBAR

1:150 STR

NOMOR GAMBAR JUMLAH GAMBAR

31 44



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

## DOSEN PEMBIMBING

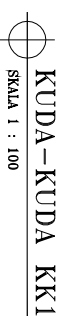
Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

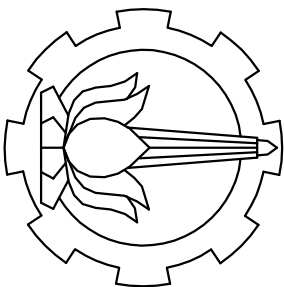
MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDUL GAMBAR

## KUDA-KUDA KKI DAN POTONGAN

SKALA	KODE GAMBAR
1:100	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

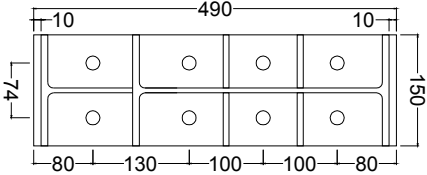
JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

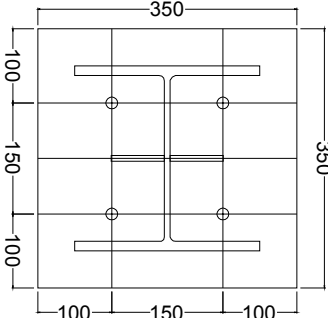
NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING	
Ir. Boedi Wibowo, CES NIP : 19530424 198203 1 002	
MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
JUDUL GAMBAR	
KUDA-KUDA KK2 DAN POTONGAN	
SKALA	KODE GAMBAR
1:100	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
33	44

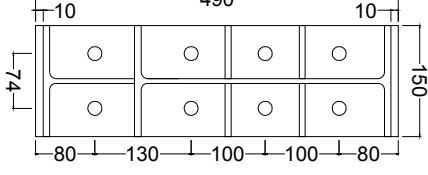
POT. A  
SKALA 1 : 10



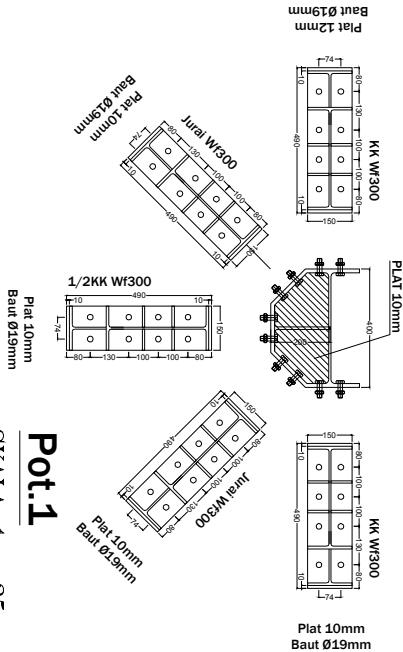
POT. B  
SKALA 1 : 10



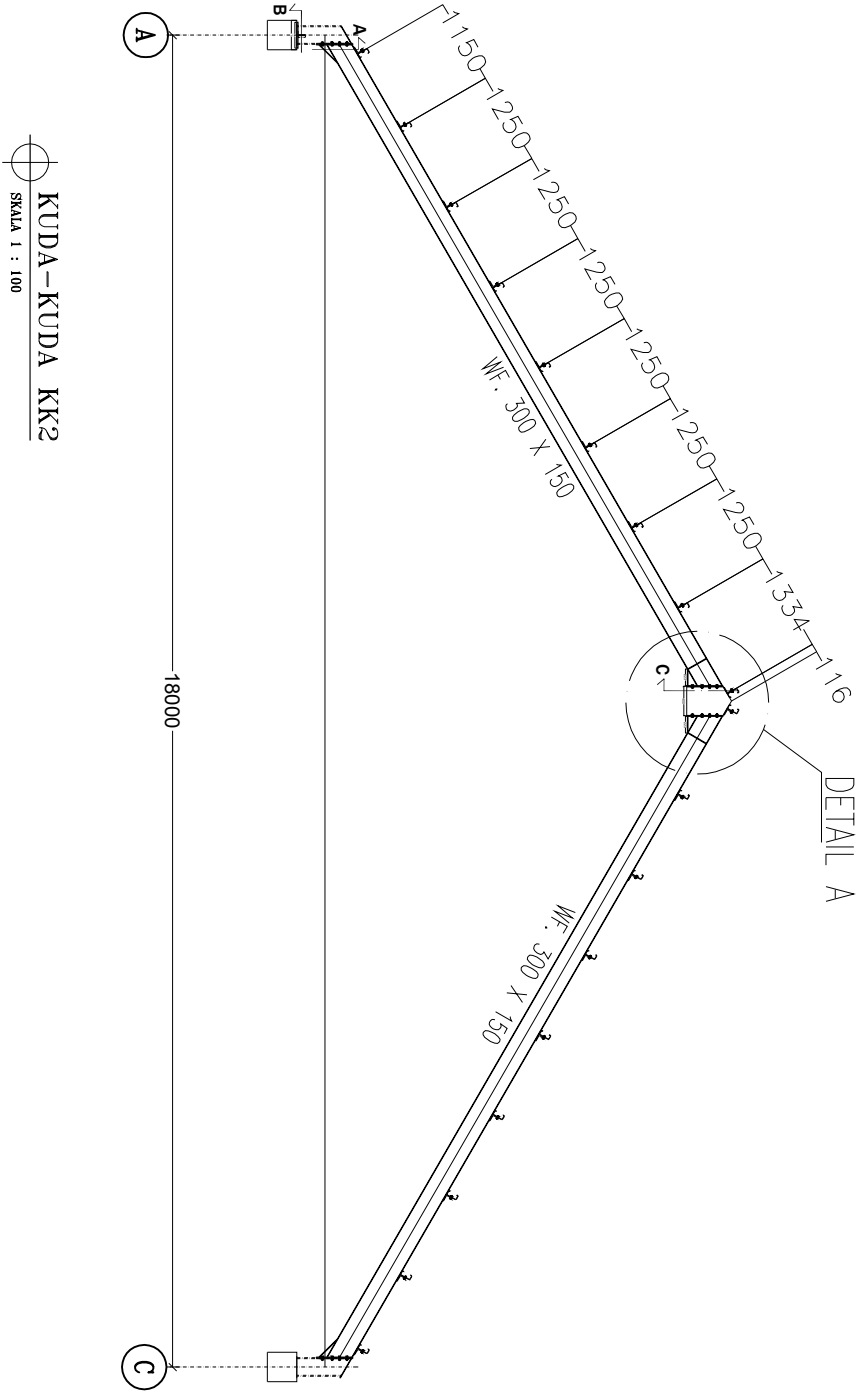
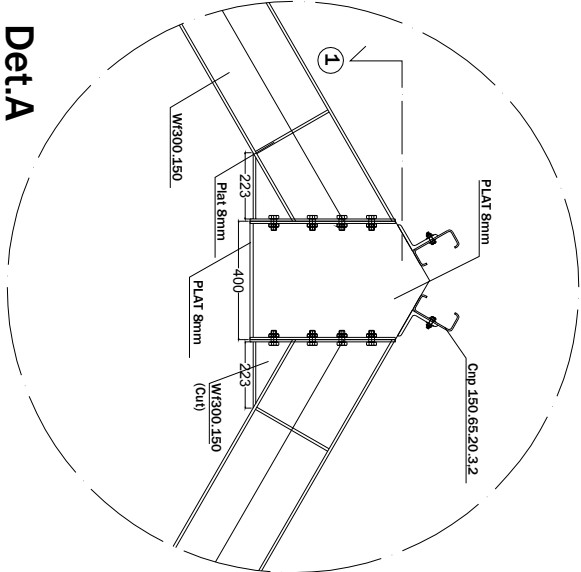
POT. C  
SKALA 1 : 10



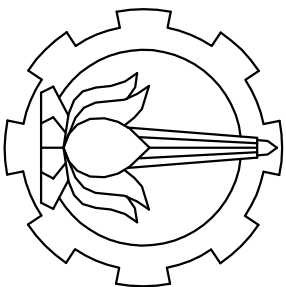
Pot.1  
SKALA 1 : 25



Det.A  
SKALA 1 : 25



KUDA-KUDA KK2  
SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
-------------	--------------

Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
-----------------------------	---------------------------------

JUDUL GAMBAR

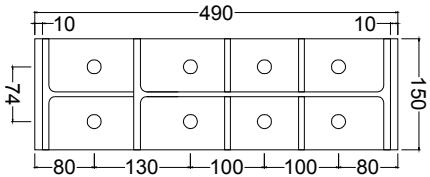
1/2 KUDA-KUDA DAN 1/4 KUDA-KUDA

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

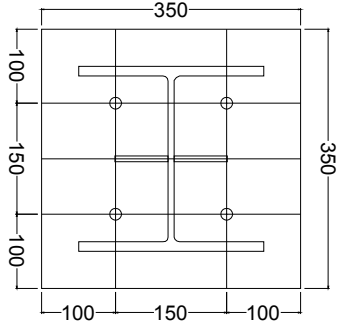
1:75	STR
------	-----

NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------	---------------

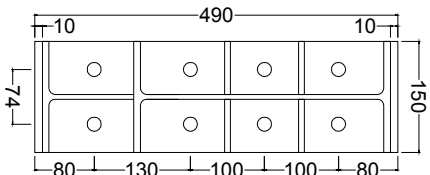
34	44
----	----



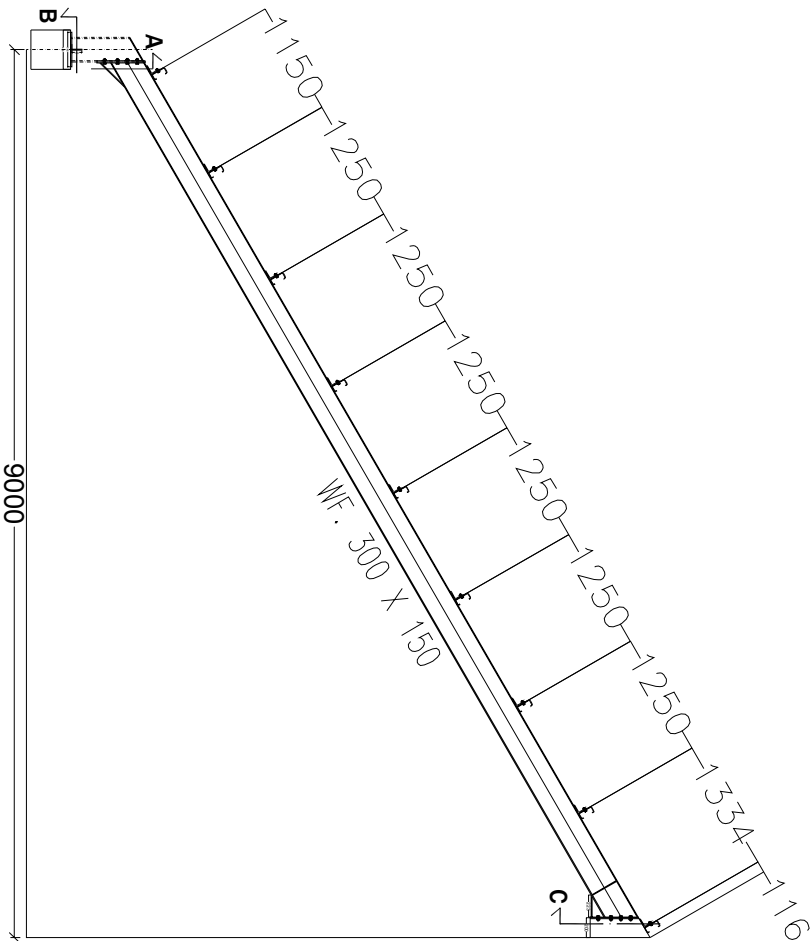
POT. A  
SKALA 1 : 10



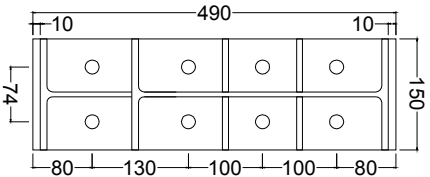
POT. B  
SKALA 1 : 10



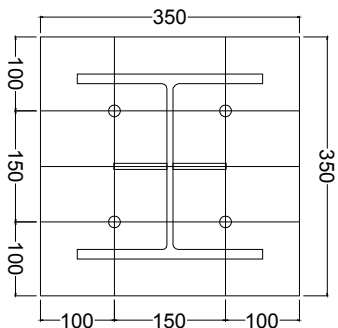
POT. C  
SKALA 1 : 10



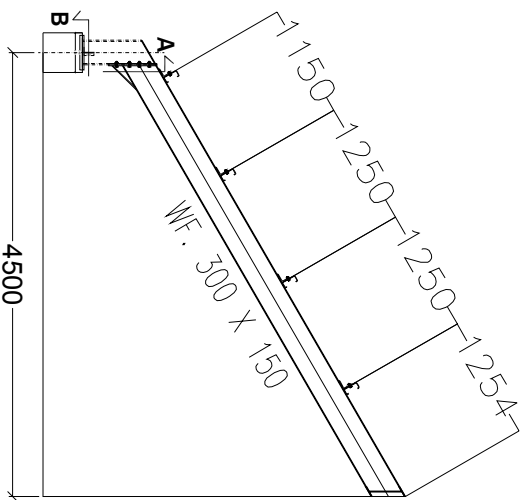
1/2 KUDA-KUDA  
SKALA 1 : 75



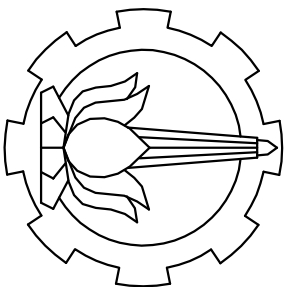
POT. A  
SKALA 1 : 10



POT. B  
SKALA 1 : 10



1/4 KUDA-KUDA  
SKALA 1 : 75



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
-------------	--------------

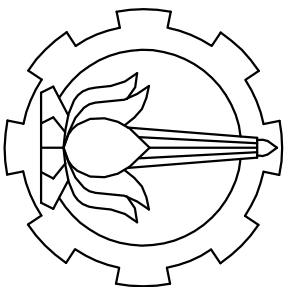
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
-----------------------------	---------------------------------

JUDUL GAMBAR

JURAI

SKALA	KODE GAMBAR
1:75	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

35	44
----	----



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUJUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

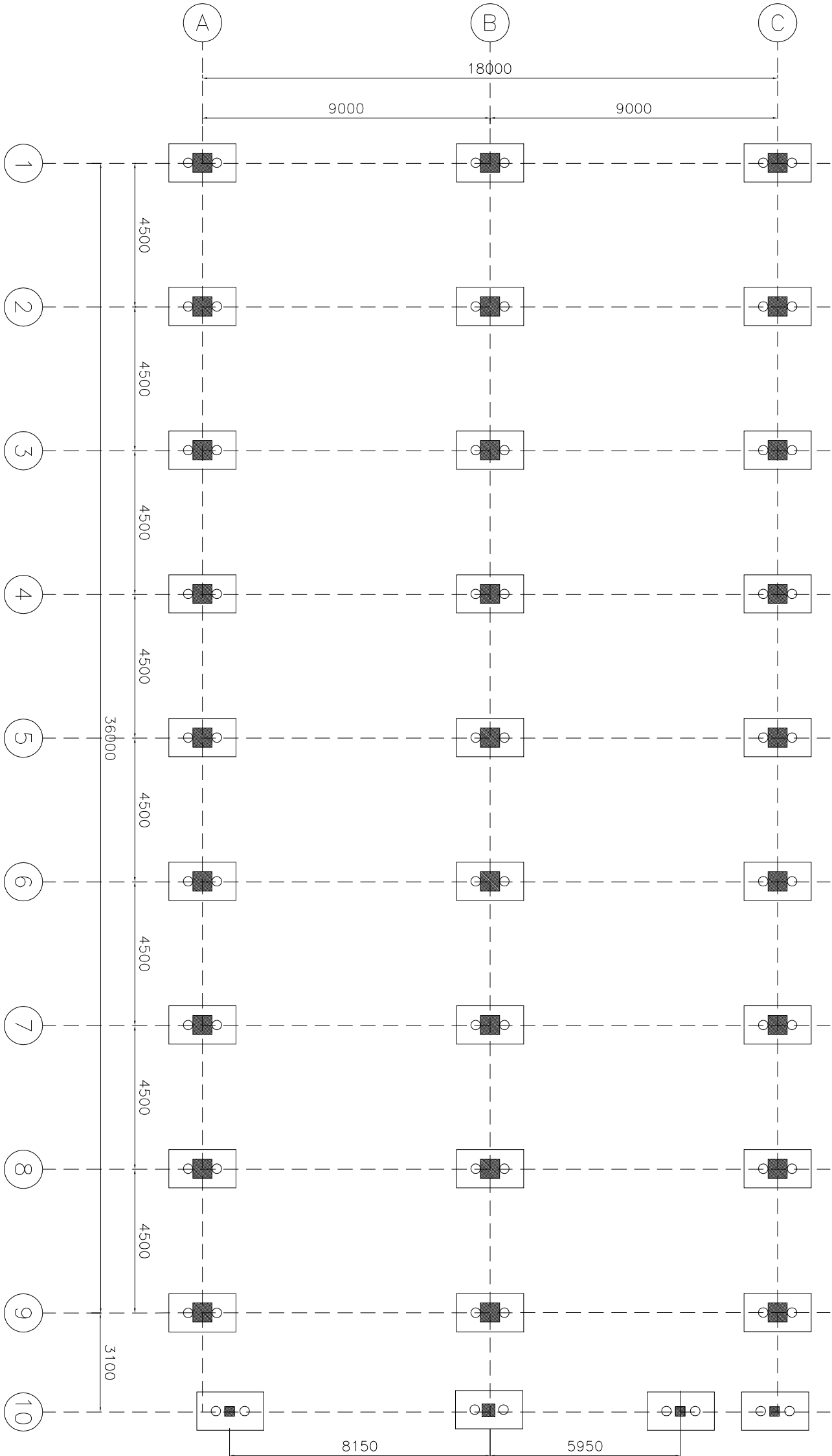
DOSEN PEMBIMBING	
Ir. Boedi Wibowo, CES NIP : 19530424 198203 1 002	
MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUJUL GAMBAR

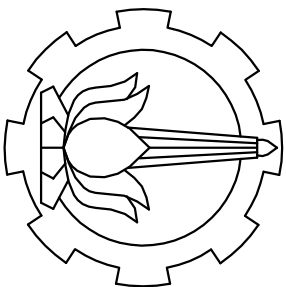
DENAH PILECAP	
---------------	--

SKALA	KODE GAMBAR
1:150	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

36	44
----	----



DENAH PILE CAP  
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF
-----	------------	-------


DOSEN PEMBIMBING

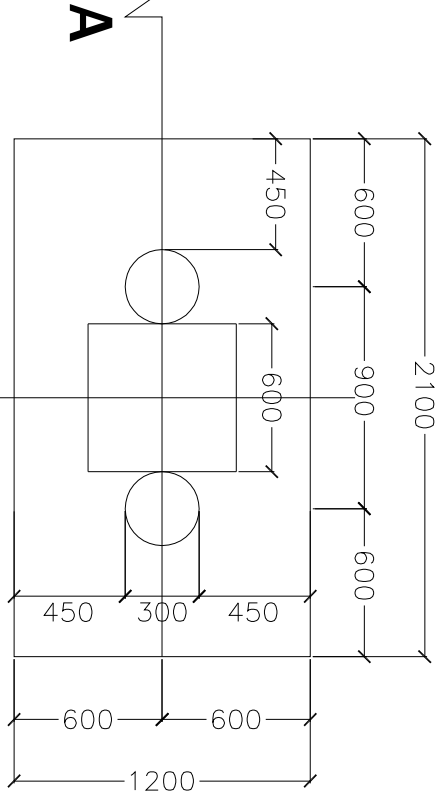
Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

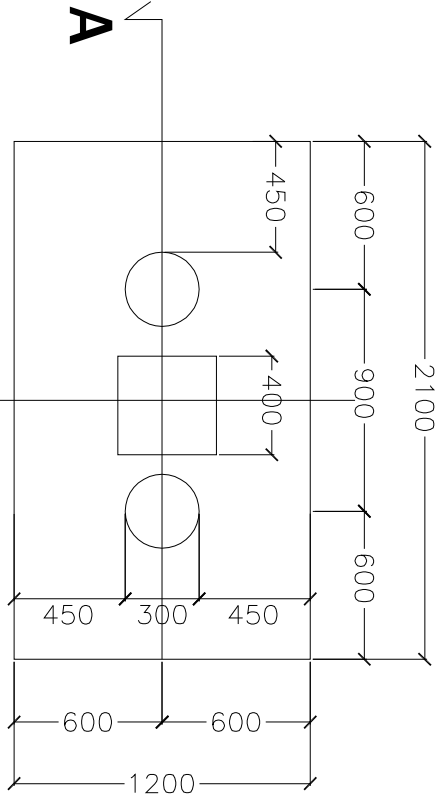
JUUDUL GAMBAR

DETAIL PILECAP

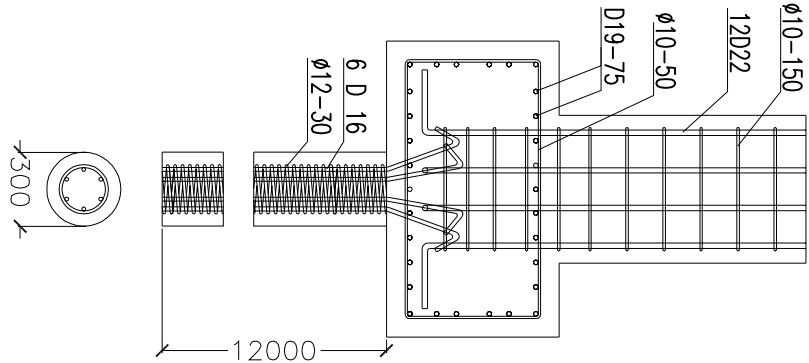
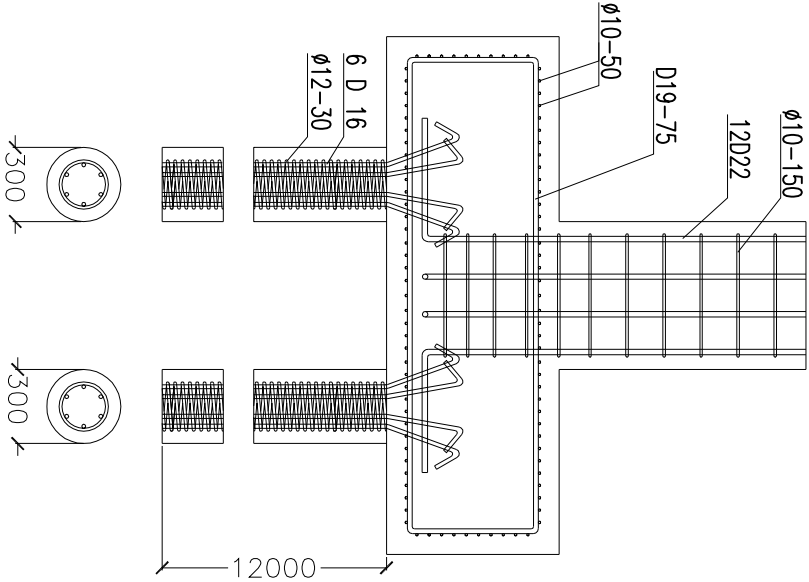
SKALA	KODE GAMBAR
1:50	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



PILE CAP PC1  
SKALA 1 : 50

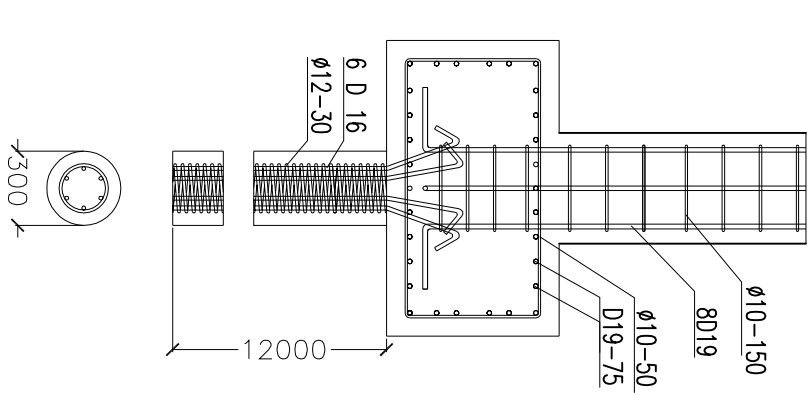
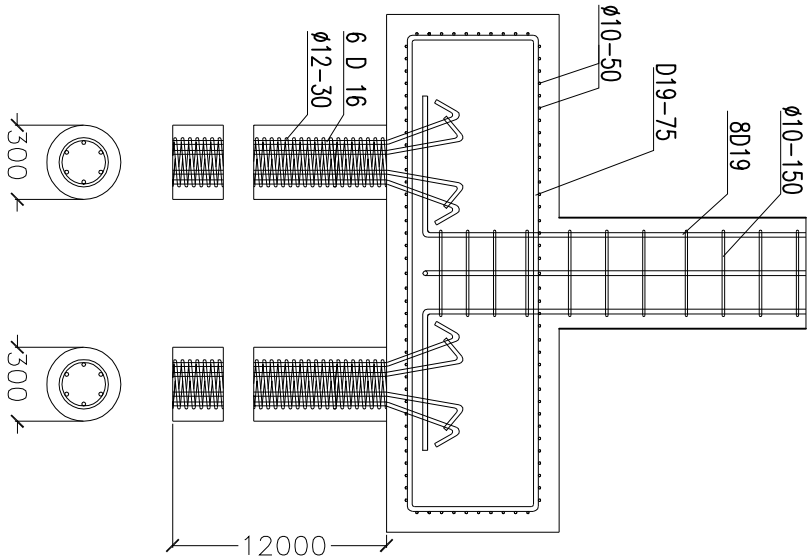


PILE CAP PC2  
SKALA 1 : 50



POTONGAN A PC1  
SKALA 1 : 30

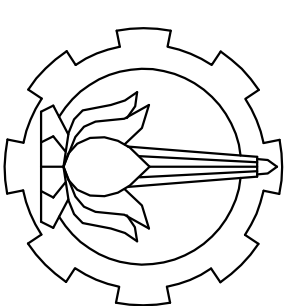
POTONGAN B PC1  
SKALA 1 : 30



POTONGAN A PC2  
SKALA 1 : 30

POTONGAN B PC2  
SKALA 1 : 30





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEJUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I

MAHASISWA II

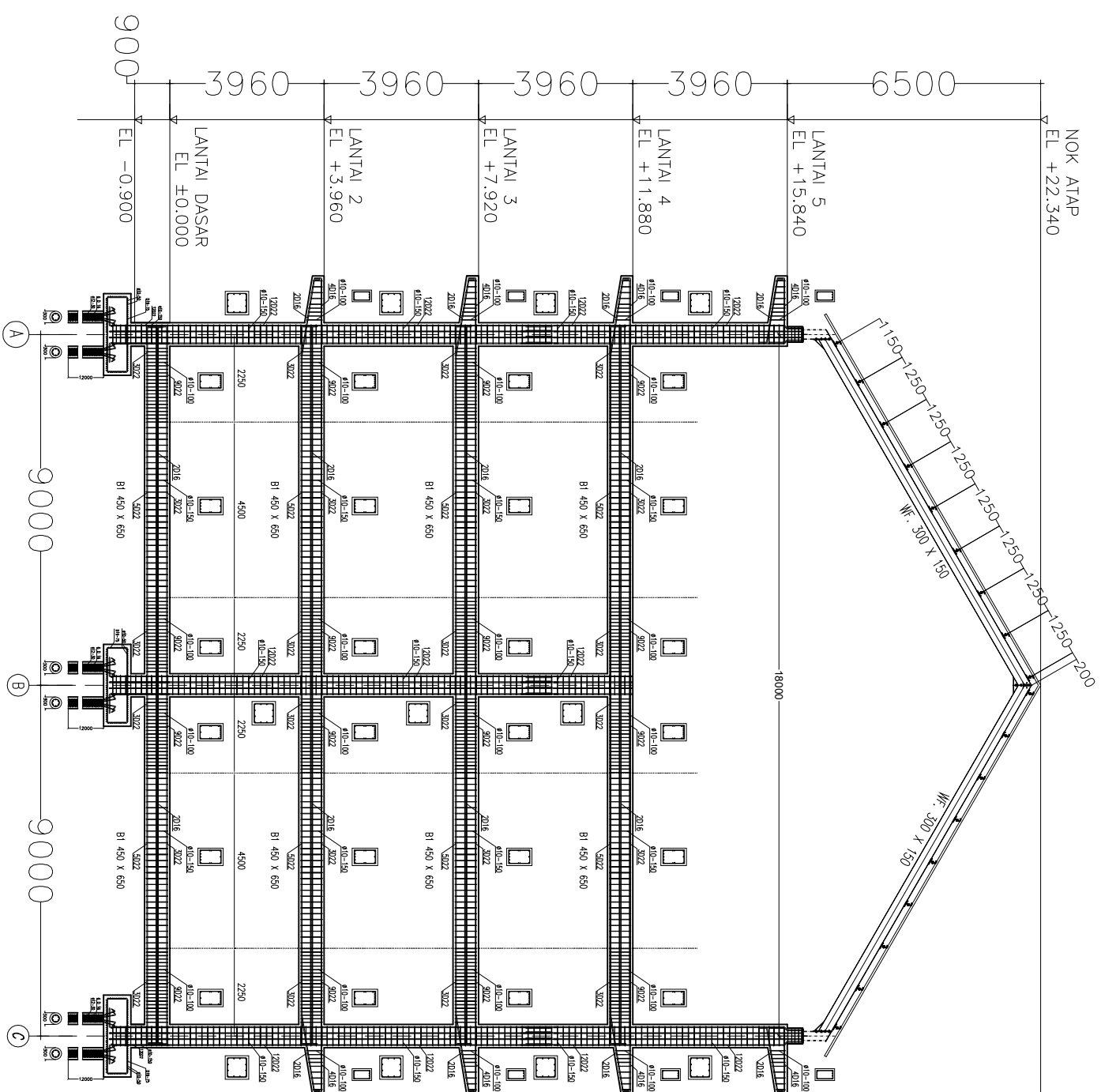
Zainul Abidin  
3113030002

Nova Meristiana S  
3113030017

JUDUL GAMBAR

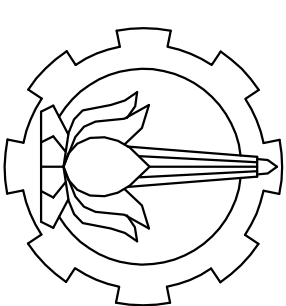
PORTAL AS 5

SKALA	KODE GAMBAR
1:150	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



# PORTAL AS 5

SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEJUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMD)**

NO.	KETERANGAN	PARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I

MAHASISWA II

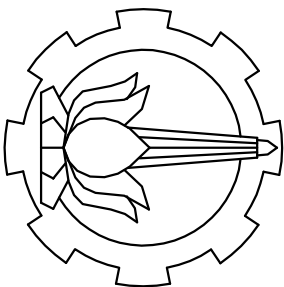
Zainul Abidin  
3113030002

Nova Meristiana S  
3113030017

JUDUL GAMBAR

PORTAL AS 2

SKALA	KODE GAMBAR
1:150	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDDUL GAMBAR

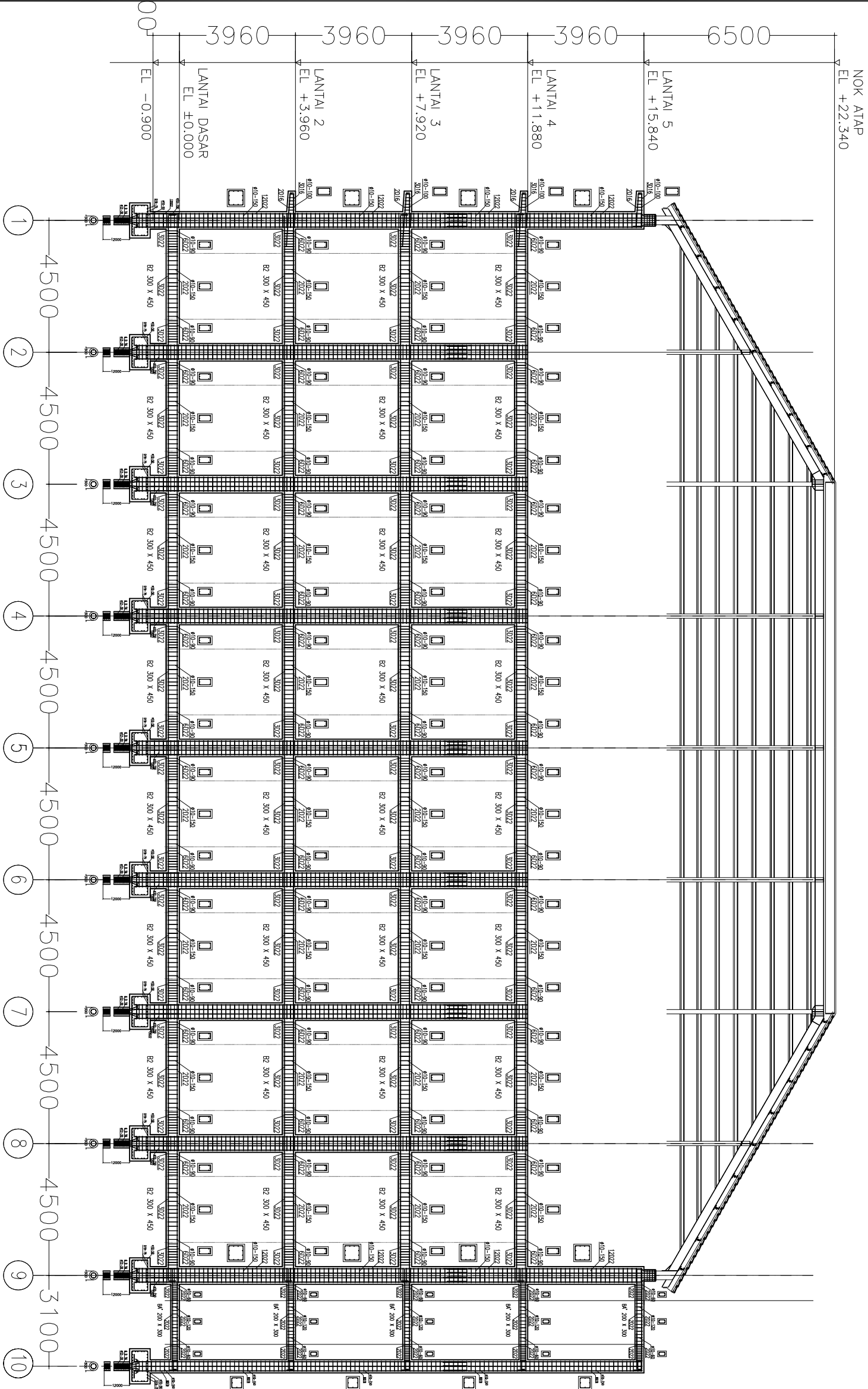
PORTAL AS B

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

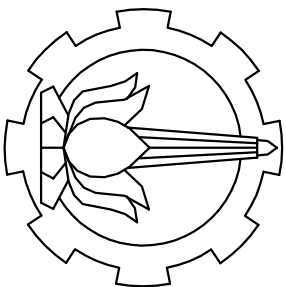
1:150	STR
-------	-----

NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------	---------------

40	44
----	----



PORTAL AS B  
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
-------------	--------------

Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
-----------------------------	---------------------------------

JUUDUL GAMBAR

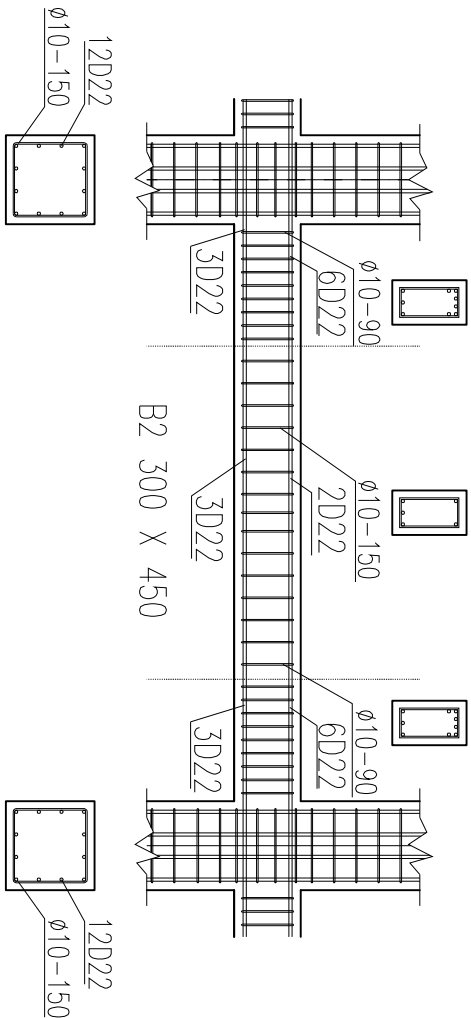
DETAIL PORTAL

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

1:50	STR
------	-----

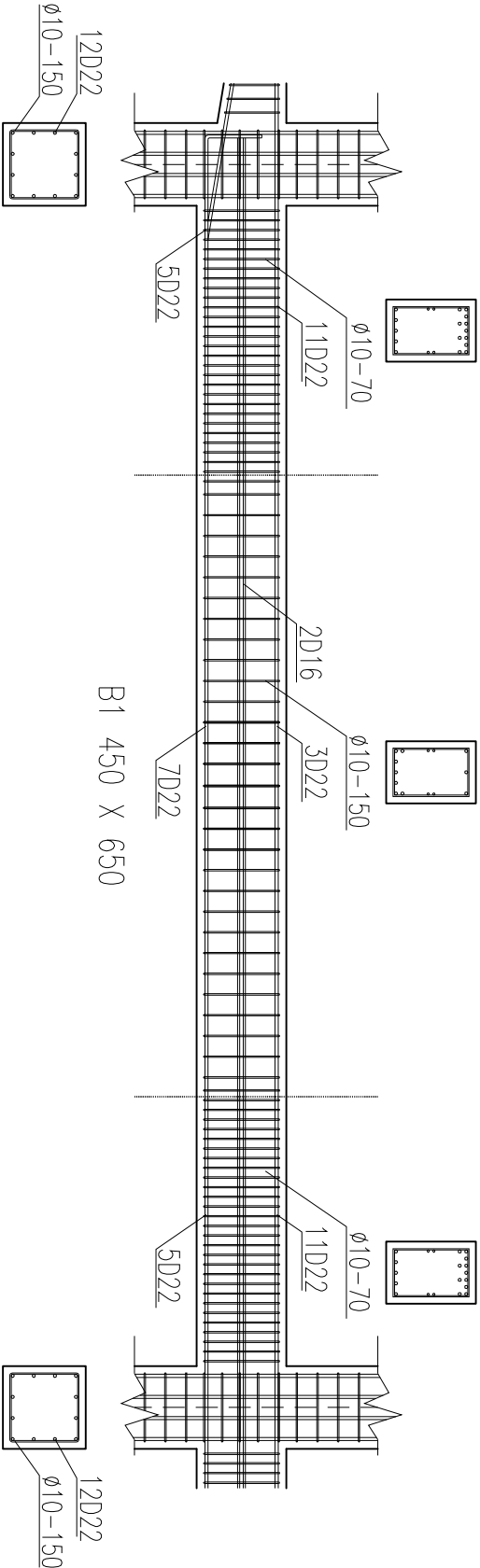
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
--------------	---------------

41	44
----	----



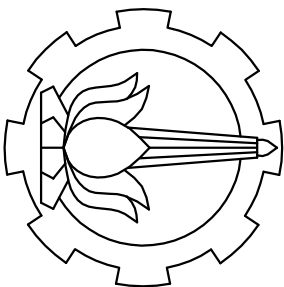
DETAIL BALOK G1 AS B, 5-6

SKALA 1 : 50



DETAIL BALOK B1 AS 2, A-B

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR	
PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA) DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)	
NO.	PARAF
KETERANGAN	
DOSEN PEMBIMBING	
Ir. Boedi Wibowo, CES NIP : 19530424 198203 1 002	
MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017
JUDUL GAMBAR	
PELAT LANDAS	
SKALA	KODE GAMBAR
1:25	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
42	44

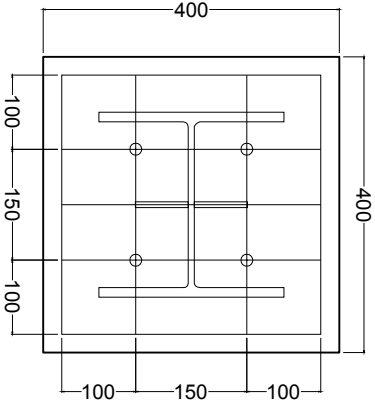
Kolom WF 250,250,9,6.5

Pelat landas 15 mm

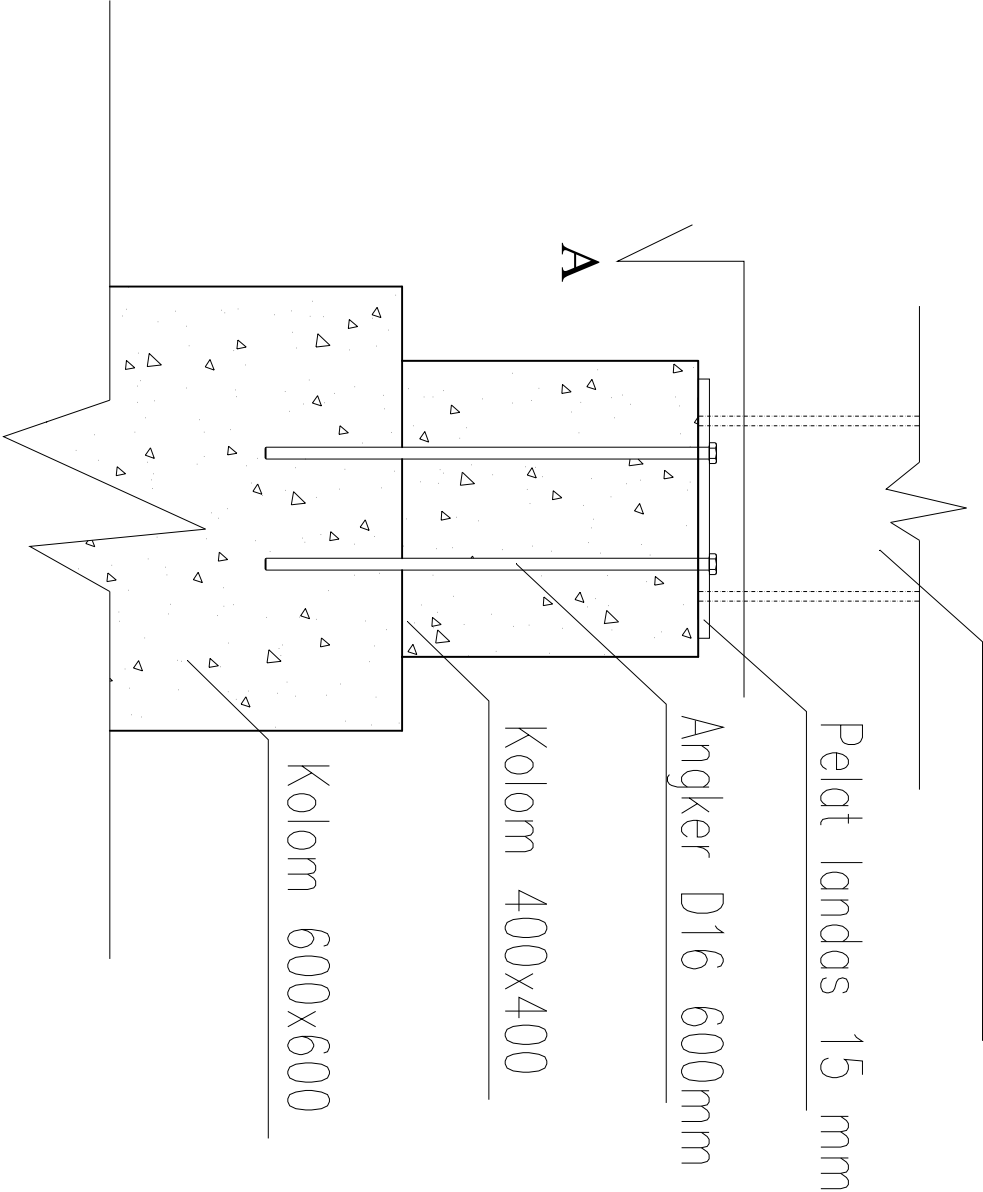
Angker D16 600mm

Kolom 400x400

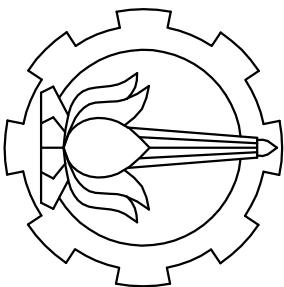
Kolom 600x600



POTONGAN A



PELAT LANDAS  
SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Boedi Wibowo, CES  
NIP : 19530424 198203 1 002

MAHASISWA I	MAHASISWA II
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017

JUDDUL GAMBAR

REKAPITULASI PENULANGAN BALOK

SKALA	KODE GAMBAR
1:25	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

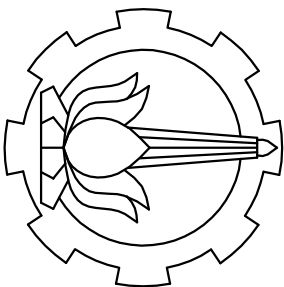
43	44
----	----

TIPE BALOK	BALOK B1		
LETAK POTONGAN	TUMPUAN LUAR	LAPANGAN	TUMPUAN DALAM
AS 2			
	b x h	450 X 650	450 X 650
	TULANGAN ATAS	11 D 22	11 D 22
	TULANGAN BAWAH	5 D 22	5 D 22
	SENGKANG	Ø10-70	Ø10-70
TULANGAN PUNTIR	4 D 16	4 D 16	4 D 16

TIPE BALOK	BALOK B1		
LETAK POTONGAN	TUMPUAN LUAR	LAPANGAN	TUMPUAN DALAM
AS 1,3-9			
	b x h	450 X 650	450 X 650
	TULANGAN ATAS	9 D 22	9 D 22
	TULANGAN BAWAH	3 D 22	3 D 22
	SENGKANG	Ø10-100	Ø10-100
TULANGAN PUNTIR	4 D 16	4 D 16	4 D 16

TIPE BALOK	BALOK B2		
LETAK POTONGAN	TUMPUAN LUAR	LAPANGAN	TUMPUAN DALAM
AS 1-9			
	b x h	300 X 450	300 X 450
	TULANGAN ATAS	6 D 22	6 D 22
	TULANGAN BAWAH	3 D 22	3 D 22
	SENGKANG	Ø10-90	Ø10-90
TULANGAN PUNTIR	4 D 13	4 D 13	4 D 13

TIPE BALOK	BALOK BB		
LETAK POTONGAN	TUMPUAN LUAR	LAPANGAN	TUMPUAN DALAM
	b x h	350 X 500	350 X 500
	TULANGAN ATAS	3 D 22	3 D 22
	TULANGAN BAWAH	2 D 22	2 D 22
	SENGKANG	Ø10-100	Ø10-100
TULANGAN PUNTIR	4 D 19	4 D 19	4 D 19



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BETON PADA  
BANGUNAN GEDUNG PSIKOLOGI  
UNIVERSITAS SURABAYA (UBAYA)  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

NO.	KETERANGAN	PARAF
DOSEN PEMBIMBING		

Ir. Boedi Wibowo, CES NIP : 19530424 198203 1 002		
MAHASISWA I	MAHASISWA II	
Zainul Abidin 3113030002	Nova Meristiana S 3113030017	

JUDUL GAMBAR

REKAPITULASI PENULANGAN BALOK DAN  
KOLOM

SKALA	KODE GAMBAR
1:25	STR
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
44	44

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik

beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan suatu struktur gedung berton bertulang didaerah zona 3 dapat dirancang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan nilai  $R = 5$ .

2. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan merupakan hasil dari perhitungan Gedung Psikologi Universitas Surabaya dengan metode SRPMM. Dari perhitungan tersebut diperoleh hasil sebagai berikut :

Komponen Pl



Tipe	Ly m	Lx m	Ly/Lx	Arah	Penulangan			
					Lap.x	Lap.y	Tump.x	Tump.y
1	450	450	1.00	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
2	513	450	1.14	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
3	450	387	1.16	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
4	450	415	1.08	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
5	485	283	1.71	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
6	450	310	1.45	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
7	342	310	1.10	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
8	327	310	1.05	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
9	370	310	1.19	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
10	293	167	1.75	Plat 2 arah	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
11	310	108	2.87	Plat 1 arah	Ø 10 - 200	-	Ø 10 - 100	-
12	310	123	2.52	Plat 1 arah	Ø 10 - 200	-	Ø 10 - 100	-
13	450	150	3.00	Plat 1 arah	Ø 10 - 200	-	Ø 10 - 100	-
14	450	100	4.50	Plat 1 arah	Ø 10 - 200	-	Ø 10 - 100	-

## Komponen Tangga

Type Tangga	Tanjakan	Injakan	Kemiringan	Tebal Plat	Arah Penulangan	TulanganTangga	Tulangan Bordes
1	18 cm	30 cm	33,2	15 cm	Y	Ø 13-100	Ø 13-100
2	18 cm	30 cm	33,2	15cm	Y	Ø 13-150	Ø 13-150

## Komponen Balok

Type Balok	Bentang Dimensi		Tulangan Torsi	Tulangan Lentur						Tul Geser	
				Tumpuan Kanan		Tumpuan Kiri		Lapangan			
	cm	cm		Tarik	Tekan	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan	Tumpuan	Lapangan
B1	9000	45/65	4D16	11D22	5D22	9D22	3D22	7D22	3D22	D10-70	D10-150
B2	4500	30/45	6D16	6D22	3D22	6D22	3D22	4D22	2D22	D10-90	D10-150
BA	4500	20/40	2D13	5D16	2D16	5D16	2D16	3D16	2D16	D10-80	D10-150
BB	4500	20/40	4D19	3D22	2D22	3D22	2D22	3D22	2D22	D10-100	D10-150

## Komponen Kolom

Type Balok	Lantai	Tinggi	Tulangan Geser	Tulangan Aksial Lentur
		cm		
K1	1	3,96	Ø 10-150	12D22
	2	3,96	Ø 10-150	12D22
	3	3,96	Ø 10-150	12D22
	4	3,96	Ø 10-150	12D22
K2	1	3,96	Ø 10-150	8D19
	2	3,96	Ø 10-150	8D19
	3	3,96	Ø 10-150	8D19
	4	3,96	Ø 10-150	8D19

### Komponen Pile Cap Borpile

Pile cap = 2,1m x 1,2m x 0,7m

- Arah X = Ø10 - 50
- Arah Y = Ø19 - 75

### 5.2 SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, maka didapatkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Pertahankan apa yang telah dikerjakan, selama perencanaan maupun perhitungan yang dilakukan tidak keluar dari koridor peraturan
2. Jangan takut untuk mempelajari hal-hal baru, sekalipun hal tersebut belum pernah disampaikan di dalam kurikulum perkuliahan
3. Tetap terus mencoba dan pantang putus asa

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional, **“Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847- 2013)”**, Jakarta, 2013.

Badan Standarisasi Nasional, **“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726- 2012)”**, Jakarta, 2012.

Departemen Pekerjaan Umum, **“Peraturan PembebananM Indonesia untuk Bangunan Gedung (PPIUG)”**, Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983.

Departemen Pekerjaan Umum, **“Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI)”**, Bandung: Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum, 1971.

Husin,Nur Ahmad,ST. 2009. **“Struktur Beton”**. Surabaya

Laboratorium Beton dan Bangunan FTSP ITS. 1992. **“Tabel Grafik dan Diagram Interaksi untuk Perhitungan Struktur Beton Berdasarkan SNI 1992”**. Surabaya.

Sosrodarsono.,Ir.Suyono.,Nakazawa,kazuto.1983.”**Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**”.Jakarta.Pradnya Paramita

Wang. Chu-Kia dan Charles G. Salmon, **“Desain Beton Bertulang Jilid 1 Dan 2 Edisi Keempat”**

## BIODATA PENULIS

### **Zainul Abidin**



Penulis dilahirkan di Tuban pada tanggal 9 Mei 1995 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pendidikan formal yang ditempuh yaitu Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Sembungin, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 1 Bancar, Tuban. Dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 2 Tuban. Melanjutkan pendidikan Diploma III Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selain itu

penulis juga pernah aktif sebagai staff di Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil 2014-2015.

**Nova Meristiana Sari**

Penulis dilahirkan di Tulungagung, 27 Maret 1995, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita I Besole, SDN Besole III, SMPN 1 Campurdarat, SMAN 1 Boyolangu. Setelah lulus dari SMAN 1 Boyolangu tahun 2013, penulis mengikuti seleksi tes masuk Program DIII yang diselenggarakan oleh ITS dan diterima di jurusan

DIII Teknik Sipil FTSP – ITS tahun 2013 dan terdaftar dalam NRP 3113030017. Di jurusan DIII Teknik Sipil, penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Program Studi dan Fakultas. Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai organisasi serta kepanitiaan yang diselenggarakan di Jurusan, Fakultas juga Institut.